

Laju Infiltrasi dan Permeabilitas Tanah pada Tutupan Vegetasi Berbeda di PT Kideco Jaya Agung Kabupaten Paser

Rachmad Mulyadi¹, Luluk Nurjanah¹, Karyati^{1*}, Karmini², Arif Yudo Pramono¹

¹Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Tropis, Universitas Mulawarman

²Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman

*Email: karyati@fahutan.unmul.ac.id

Artikel diterima : 27 Januari 2026. Revisi diterima : 29 Maret 2026

ABSTRACT

Open pit mining activities at PT Kideco Jaya Agung have caused significant changes in the physical and chemical characteristics of the soil and land cover. The mining process often damages the topsoil layer rich in organic matter, which is very important for infiltration and soil permeability. This study aims to determine the physical and chemical properties of the soil, measure the infiltration rate and soil permeability at three types reclamation and revegetation of PT Kideco Jaya Agung in Paser Regency, East Kalimantan Province. The physical properties of the soil tested were soil structure, soil texture, porosity, bulk density, and water content. Meanwhile, several chemical properties of the soil analyzed included pH, organic C, organic matter, total N, C/N ratio, and P₂O₅ and K₂O. Infiltration rate measurements were carried out using a double ring infiltrometer, while permeability samples were taken using a soil ring sampler. The results showed the highest infiltration rate in the arboretum (58.75 cm/hour, very fast class), followed by revegetation land (4.32 cm/hour, medium class), and top soil disposal area (1.58 cm/hour, rather slow class). Permeability in the arboretum was 1.26 cm/hour (moderately slow category), in the revegetation area it was 0.98 cm/hour (moderately slow category), and in the top soil disposal area it was 1.21 cm/hour (moderately slow category). Information on the physical and chemical properties of the soil, infiltration rate, and soil permeability in mining areas can be used as considerations in formulating effective reclamation strategies.

Keywords: Canopy Density, Infiltration Rate, Permeability, Soil Physical Properties, Soil Chemical Properties.

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan terbuka di PT Kideco Jaya Agung telah menyebabkan perubahan signifikan pada karakteristik fisik dan kimia tanah serta tutupan lahan. Proses penambangan sering merusak lapisan topsoil yang kaya bahan organik, yang sangat penting untuk infiltrasi dan permeabilitas tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah, mengukur laju infiltrasi dan permeabilitas tanah pada tiga tipe area reklamasi dan revegetasi di PT Kideco Jaya Agung di Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Sifat-sifat fisik tanah yang diuji adalah struktur tanah, tekstur tanah, porositas, kerapatan lindak, dan kadar air. Sedangkan beberapa sifat kimia tanah yang dianalisis meliputi pH, C-organik, bahan organik, N-total, C/N rasio, dan P₂O₅ dan K₂O. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan menggunakan double ring infiltrometer, sedangkan sampel permeabilitas diambil menggunakan ring sampel tanah. Hasil menunjukkan laju infiltrasi tertinggi di arboretum (58,75 cm/jam, kelas sangat cepat), diikuti lahan revegetasi (4,32 cm/jam, kelas sedang), dan area disposal top soil (1,58 cm/jam, kelas agak lambat). Permeabilitas di arboretum sebesar 1,26 cm/jam (kategori agak lambat), lahan revegetasi sebesar 0,98 cm/jam (kategori agak lambat), dan area disposal top soil sebesar 1,21 cm/jam (kategori agak lambat). Informasi tentang sifat fisik dan kimia tanah, laju infiltrasi, dan permeabilitas tanah pada kawasan pertambangan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merumuskan strategi reklamasi yang efektif.

Kata Kunci: Kerapatan Tajuk, Laju Infiltrasi, Permeabilitas, Sifat Fisik Tanah, Sifat Kimia Tanah.

PENDAHULUAN

Ketersediaan air dalam tanah sangat dipengaruhi oleh proses infiltrasi (Yunagardasari dkk., 2017). Infiltrasi tanah adalah kemampuan tanah untuk memungkinkan pergerakan air ke dalam dan melalui profil tanah (Zewide, 2021). Ikhsan (2024) mengemukakan bahwa semakin rendah kadar air tanah, semakin tinggi laju infiltrasinya. Norfadilah

dkk. (2020) menambahkan bahwa tekstur tanah memiliki pengaruh signifikan terhadap laju infiltrasi, di mana tanah bertekstur kasar memiliki laju infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah bertekstur halus.

Kegiatan pertambangan terbuka di PT Kideco Jaya Agung telah menyebabkan perubahan signifikan pada karakteristik fisik dan kimia tanah serta tutupan lahan. Proses penambangan sering

merusak lapisan topsoil yang kaya akan bahan organik, yang berperan penting dalam infiltrasi air dan permeabilitas tanah. Reklamasi dalam konteks pasca tambang, PT Kideco Jaya Agung telah mengembangkan tiga area dengan karakteristik berbeda yaitu arboretum sebagai kawasan konservasi tumbuhan, lahan revegetasi sebagai area pemulihan vegetasi, dan area disposal top soil sebagai lokasi penyimpanan tanah pucuk.

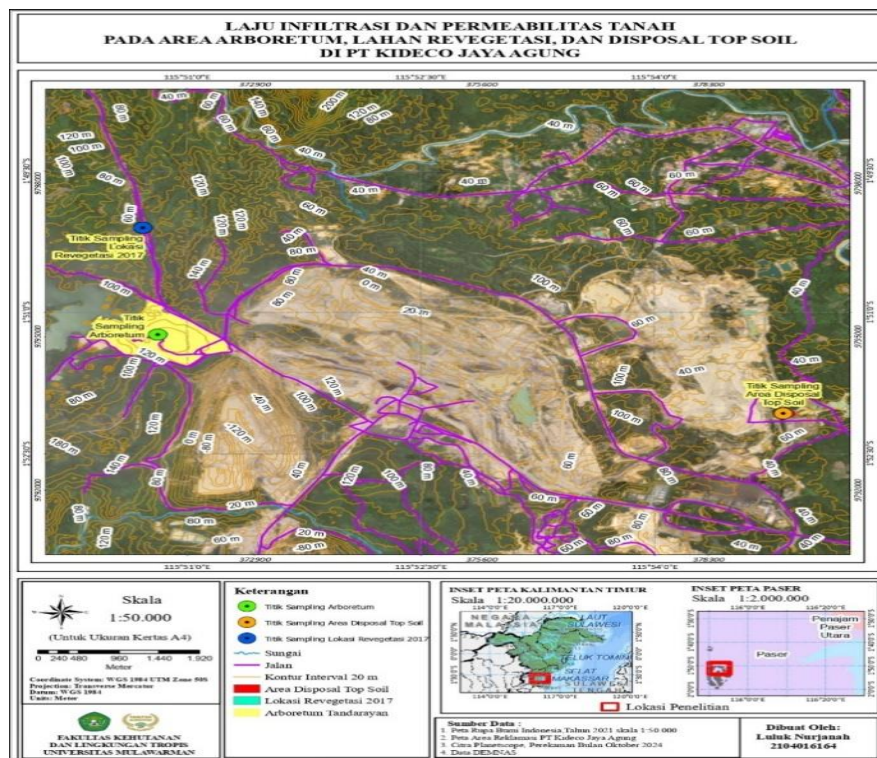
Beberapa penelitian tentang laju infiltrasi (Ikhsan & Rivanto, 2024; Irawan & Yowono, 2016; Kadir dkk., 2022; Karyati dkk., 2014; Norfadilah dkk., 2020; Tamod dkk., 2020; Usman 2024; Wati, 2019), permeabilitas tanah (Alista & Soemarno, 2021; Mulyono dkk., 2019), serta infiltrasi dan permeabilitas (Karyati dkk., 2022; Nurfadilah dkk., 2025) pada beberapa tutupan lahan telah dilaporkan. Namun penelitian yang melaporkan tentang laju infiltrasi dan permeabilitas tanah pada beberapa tutupan vegetasi berbeda di kawasan pertambangan

batu bara masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik dan kimia tanah, laju infiltrasi, dan permeabilitas tanah pada tutupan vegetasi berbeda (arboretum tahun tanam 2010, lahan revegetasi tahun 2017, dan area disposal top soil) di kawasan pertambangan PT Kideco Jaya Agung.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Kideco Jaya Agung, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Pengambilan data dilakukan pada tiga lokasi yaitu arboretum tahun tanam 2010 (tegakan umur 15 tahun), lahan revegetasi tahun 2017 (tegakan umur 8 tahun), dan area disposal top soil. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur parameter dari tiga lokasi penelitian tersebut. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



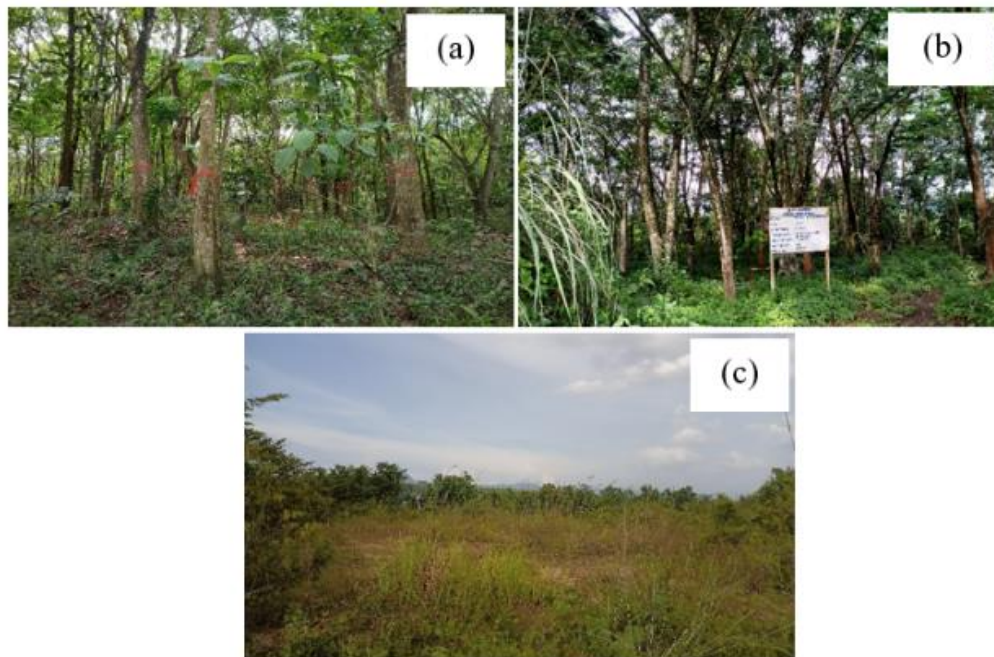
Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Plot

Pembuatan plot berukuran 20 m × 20 m dilakukan pada setiap lokasi berbeda. Pemilihan lokasi plot

penelitian dilakukan secara *purposive sampling*. Kondisi struktur dan komposisi vegetasi pada plot penelitian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Deskripsi struktur dan komposisi vegetasi di plot penelitian (a) Arboretum Tandarayan (b) Lahan revegetasi 2017, dan (c) Area disposal top soil.

Pengukuran Persentase Kerapatan Tajuk

Prosedur mengukur persentase kerapatan tajuk menggunakan *spherical densiometer* yaitu :

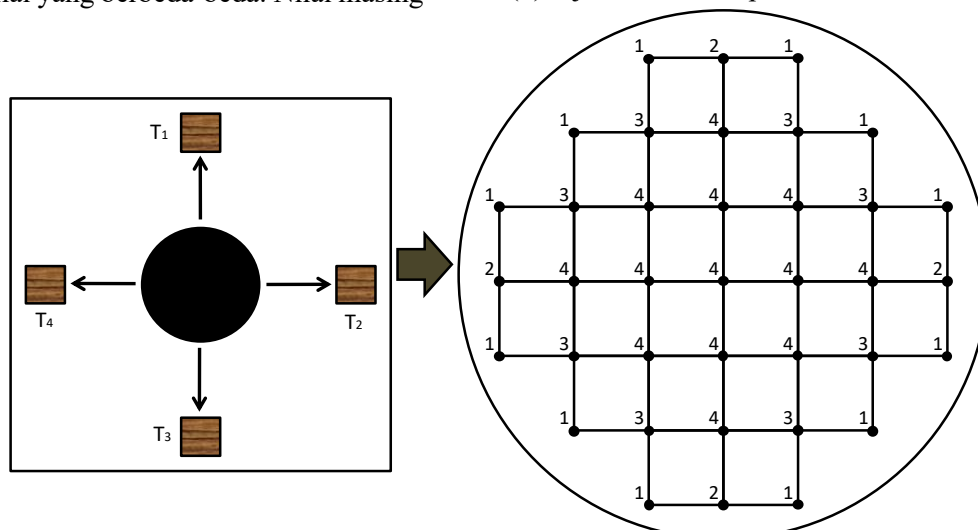
1. Pengukuran persentase kerapatan tajuk dilakukan pada satu titik yang berada di tengah-tengah plot. Kerapatan tajuk dilakukan dengan cara melihat cermin pada *spherical densiometer* dan menghitung jumlah titik yang terpantul sinar matahari dari tajuk (Gambar 3);
2. Pada setiap titik pengambilan data persentase kerapatan tajuk, diambil empat kali ulangan dengan masing-masing ulangan mengarahkan densiometer ke empat arah yang berbeda (Utara, Timur, Selatan, dan Barat);
3. Titik-titik yang ada pada *spherical densiometer* memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai masing-

masing titik tergantung pada jumlah kotak di sekelilingnya. Jika titik berada di tengah empat kotak maka nilai titik adalah 4 namun jika titik berada pada ujung sudut kotak maka nilainya adalah 1. Masing-masing nilai titik secara rinci dapat dilihat pada Gambar 3.

4. Dihitung persentase kerapatan tajuk dari data yang diperoleh dengan menggunakan *spherical densiometer* dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan Tajuk (\%)} = 100 - \left(\frac{T1+T2+T3+T4}{4} \right) \times 1,04$$

Keterangan: T1 = Utara; T2 = Timur; T3 = Selatan; T4 = Barat; T(n) = jumlah nilai seluruh titik yang terpantul cahaya matahari pada posisi (n); (n) = jumlah titik terpantul.

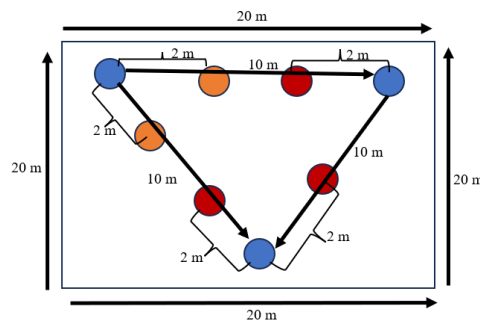


Gambar 2. Pembacaan titik cahaya terpantul dengan menggunakan alat *spherical densiometer*.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah terdiri dari sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) dan sampel tanah terganggu (*disturbed soil sample*). Sampel tanah tidak terganggu merupakan sampel yang diambil dengan menggunakan ring sampel tanah untuk mempertahankan struktur asli tanah dan digunakan untuk analisis sifat fisik seperti *bulk density*, porositas, dan permeabilitas. Sedangkan

sampel tanah terganggu adalah sampel tanah yang selama proses pengambilannya mengalami perubahan atau kerusakan pada struktur aslinya, biasanya digunakan untuk analisis tekstur dan sifat kimia tanah. Perbedaan ini penting karena parameter seperti porositas dan permeabilitas sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur tanah alami. Skema titik pengambilan sampel tanah disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema titik pengambilan sampel tanah pada plot penelitian.

Keterangan: ● = pengukuran laju infiltrasi; ● = sampel tanah tidak terganggu; ● = sampel tanah terganggu

Tanah yang diambil dari lapangan dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lahan yang terganggu dan tidak terganggu berupa sifat fisik tanah yaitu *bulk*

density, porositas tanah, permeabilitas, struktur, dan tekstur tanah. Sedangkan sifat kimia tanah yang dianalisis yaitu pH, C-organik, N-Total, C/N rasio, P₂O₅, dan K₂O. Kriteria penilaian hasil analisis tanah disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Kriteria penilaian sifat kimia tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C %	< 1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	> 5,00
N %	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	> 0,75
C/N	< 5	5-10	11-15	16-25	> 25
P ₂ O ₅ Bray 1 (ppm)	<10	10-15	16-25	26-35	> 35
K ₂ O ppm	< 10	10-20	21-40	41-60	> 60
pH H ₂ O	< 4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	> 8,5

Sumber: Hardjowigeno (2010)

Pengukuran Laju Infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dilakukan pada 3 (tiga) titik pada setiap lokasi mengikuti SNI 7752:2012 dan Sarminah dkk. (2019). Hasil pengukuran laju infiltrasi rata-rata pada ketiga lokasi tersebut menggunakan rumus perhitungan laju infiltrasi mengacu pada SNI 7752:2012:

$$f = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

Keterangan: f = laju infiltrasi (cm/jam); Δh = selisih penurunan tinggi muka air dalam cincin bagian dalam selama selang waktu pengukuran (cm); Δt = selang waktu pengukuran (jam).

Hasil pengukuran laju infiltrasi diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi laju infiltrasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi laju infiltrasi

No.	Deskripsi	Laju Infiltrasi (mm/jam)
1	Sangat lambat	< 1
2	Lambat	1-<5
3	Agak Lambat	5-<20
4	Sedang	20-<65
5	Agak cepat	65-<125
6	Cepat	125-<250
7	Sangat cepat	≥ 250

Sumber: Lee (1990)

Persyaratan dalam pengukuran infiltrasi berdasarkan SNI 7752-2012:

1. Lokasi harus dapat dicapai untuk mengangkat peralatan dan perlengkapan;
2. Luas lahan diperlukan paling sedikit 2 m × 2 m;
3. Titik pengukuran harus datar;
4. Tidak boleh terjadi retakan tanah pada saat menancapkan cincin infiltrometer;
5. Jika tanah kering dan kaku harus dibasahi dengan sedikit air pada saat menancapkan cincin infiltrometer.

Pengukuran Permeabilitas Tanah

Pengambilan 1 (satu) sampel tanah pada setiap lokasi untuk dilakukan pengukuran permeabilitas di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman sesuai prosedur pengukuran permeabilitas tanah (Sarminah dkk.,

2019). Debit air per satuan waktu diukur serta tinggi ring sampel, kemudian hitung luas penampang ring sampel tanah serta beda tinggi muka pada penampang air atas dan bawah. Permeabilitas tanah dihitung menggunakan hukum Darcy sebagai berikut (Mori dkk., 1999):

$$K = \frac{Q \times dL}{A \times dH}$$

Keterangan: K = permeabilitas (cm/jam); Q = debit air per satuan waktu (cm³/jam); dL = tinggi ring sampel (cm); A = luas penampang ring sampel tanah (cm²); dH = beda tinggi muka pada penampang (cm).

Klasifikasi permeabilitas tanah yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Klasifikasi permeabilitas tanah

No.	Kriteria	Permeabilitas (cm/jam)
1	Sangat Lambat	< 0,1
2	Lambat	0,1-0,5
3	Agak Lambat	> 0,5-2,0
4	Sedang	> 2,0-6,5
5	Agak Cepat	> 6,25-12-5
6	Cepat	> 12,5-25
7	Sangat Cepat	> 25

Sumber: Sitorus dkk. (1983)

Analisis Data

Data sifat fisik dan kimia tanah, laju infiltrasi dan permeabilitas tanah ditabulasi dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Letak dan Luas Lokasi Penelitian

PT Kideco Jaya Agung terletak di Batas utara area Samurangau berbatasan dengan Kecamatan Batu Sopang dan Desa/Kelurahan Samurangau,

sedangkan batas timur dan selatan juga berdekatan dengan Kecamatan Batu Sopang dan Muara Samu. Muara Komam sepenuhnya berbatasan dengan Kecamatan Muara Komam dan Desa/Kelurahan Batu Butok di semua sisi. Luasan PT Kideco Jaya Agung berdasarkan Keputusan Menteri Investasi Kepala BKPM No: 14/1/IUP/PMA/2022 wilayah IUPK 33.887 ha terletak di Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur dengan wilayah pertambangan berlokasi Roto Samurangau dan Susubang Uko. Secara koordinat geografis untuk area Samurangau berada pada 1°54'38,264" hingga 1°59'57,815" Lintang Selatan dan 115°49'34,575" hingga 115°51'3,552" Bujur Timur. Sementara itu,

area Muara Komam terletak pada 1°42'19,613" hingga 1°43'51,093" Lintang Selatan dan 115° 49' 34,999" hingga 115° 50' 17,844" Bujur Timur.

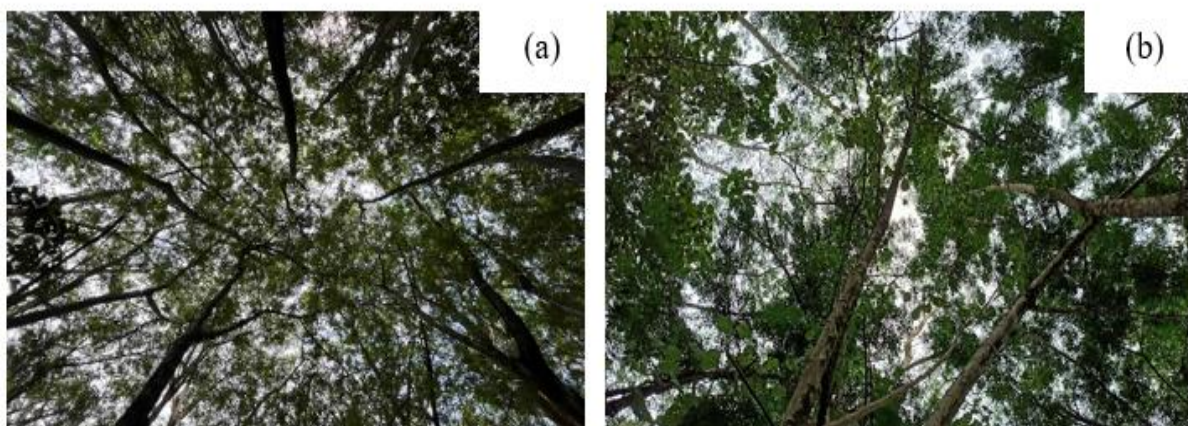
Kondisi Iklim Lokasi Penelitian

Berdasarkan distribusi rata-rata curah hujan di daerah Roto Utara dan Samurangau dengan rentang curah hujan 10 tahun terakhir terhitung dari tahun 2015-2024, kawasan Roto Utara mempunyai curah hujan tahunan sebesar 2.560,83 mm. Sedangkan daerah Samurangau memiliki curah hujan tahunan sebesar 2.668,64 mm/tahun. Berdasarkan penggolongan iklim dari Schmidt dan Ferguson (1951), maka tipe iklim di Roto Utara dan Samurangau termasuk dalam tipe iklim A (sangat basah) dengan nilai Q (*Quotient*) sebesar 7,84% dan 8,49%.

Kerapatan Tajuk

Struktur dan komposisi jenis tanaman pada arboretum dan lahan revegetasi menunjukkan perbedaan yang jelas. Tegakan arboretum yang telah berumur 15 tahun memiliki komposisi jenis

yang lebih beragam, yaitu sengan buto (*Enterolobium cyclocarpum*), trembesi (*Samanea saman*), akasia (*Acacia mangium*), dan laban (*Vitex pinnata*), sehingga membentuk struktur vegetasi yang lebih kompleks dengan strata tajuk berlapis. Sebaliknya, tegakan pada lahan revegetasi tahun 2017 yang baru berumur 8 tahun memiliki komposisi vegetasi yang lebih sederhana, didominasi oleh jenis pionir seperti Albizia dan sengan buto (*Enterolobium cyclocarpum*), dengan tambahan beberapa tanaman lokal seperti mahoni (*Swietenia mahagoni*), mangga (*Mangifera indica*), dan pulai (*Alstonia scholaris*). Struktur vegetasi yang relatif homogen ini menyebabkan stratifikasi tajuk belum berkembang optimal. Hal ini menyebabkan perbedaan persentase kerapatan tajuk dimana kerapatan tajuk di arboretum lebih tinggi (72,80%) dibandingkan lahan revegetasi (57,72%) (Gambar 5). Arboretum dengan tegakan umur 15 tahun memiliki struktur dan komposisi jenis tanaman yang lebih kompleks dengan strata tajuk beragam dibandingkan dengan lokasi revegetasi dengan tegakan umur 8 tahun.



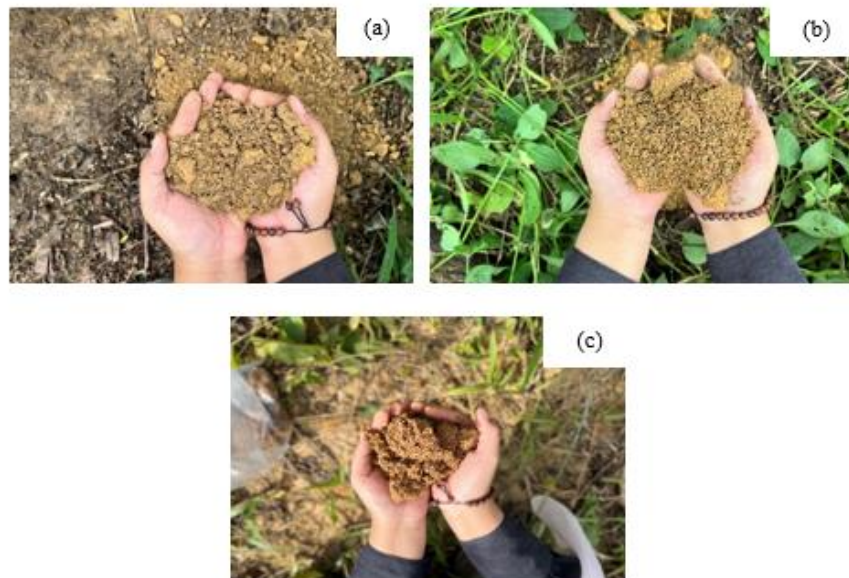
Gambar 5. Persentase kerapatan tajuk (a) Arboretum Tandarayan (b) Lahan revegetasi 2017.

Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Sifat Fisik Tanah

Lahan revegetasi menunjukkan struktur tanah remah, struktur ini memungkinkan air dan akar tanaman dengan mudah menembus tanah sehingga meningkatkan sirkulasi udara dan drainase (Gambar 6). Tanah pada lahan revegetasi lebih mendukung pertumbuhan akar yang sehat dan akses tanaman terhadap nutrisi. Sedangkan disposal *top soil*

memiliki struktur tanah gumpal bersudut, struktur ini memiliki karakteristik agregat berbentuk kubus atau balok, yang menunjukkan kepadatan tanah tinggi dan ketahanan agregat terhadap tekanan, sehingga sulit untuk hancur. Struktur tanah memainkan peran penting dalam keberhasilan reklamasi lahan pasca tambang, secara langsung memengaruhi pertumbuhan tanaman dan efisiensi pemanfaatan air.

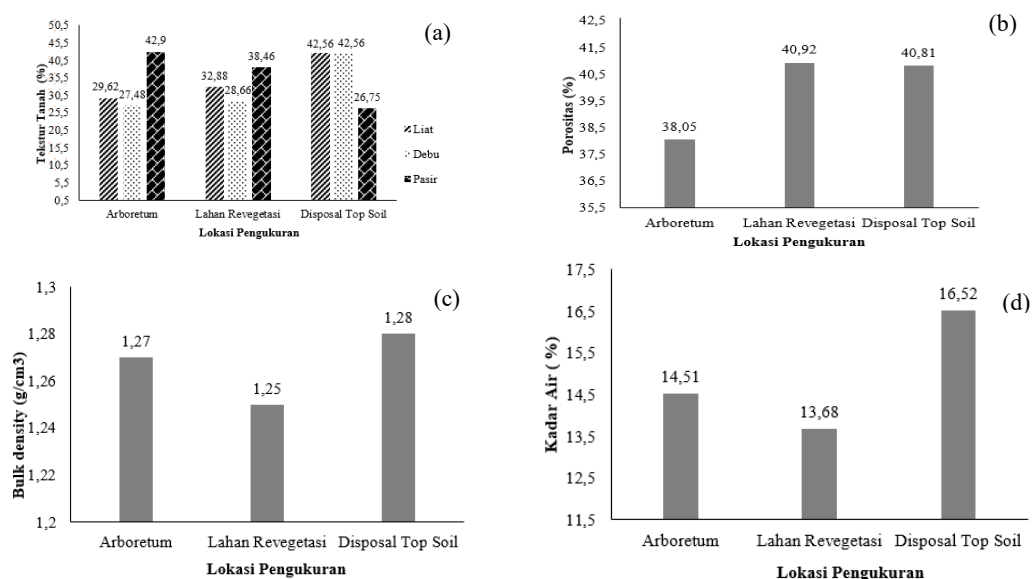


Gambar 6. Struktur tanah (a) Arboretum Tandarayan, (b) Lahan revegetasi 2017, dan (c) Disposasi *top soil*.

Area disposasi *top soil* didominasi oleh tekstur liat dengan kadar liat 42,56% (Gambar 7a). Dominasi tekstur liat di area ini menunjukkan sifat fisik tanah yang sangat lekat dan padat, yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan dan meresapkan air. Area lahan revegetasi memiliki nilai porositas tanah paling tinggi sebesar 40,92% dan terendah pada area arboretum dengan nilai 38,05% (Gambar 7b).

Bulk density tertinggi pada disposasi *top soil* 1,28 g/cm³, dan nilai *bulk density* terendah pada lahan revegetasi sebesar 1,25 g/cm³ (Gambar 7c). *Bulk density* merupakan indikator kepadatan tanah;

semakin besar nilai *bulk density*, semakin tinggi tingkat kepadatan tanah dan makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman (Hardjowigeno, 2010; Wawointana dkk., 2017; Luta dkk., 2020). Lahan revegetasi dengan *bulk density* terendah menunjukkan potensi yang lebih baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan area arboretum dan disposasi *top soil* yang memiliki nilai *bulk density* lebih tinggi. Kadar air pada area arboretum, lahan revegetasi, dan disposasi *top soil* memiliki nilai berturut-turut 14,51%, 13,68%, dan 16,52% (Gambar 7d).

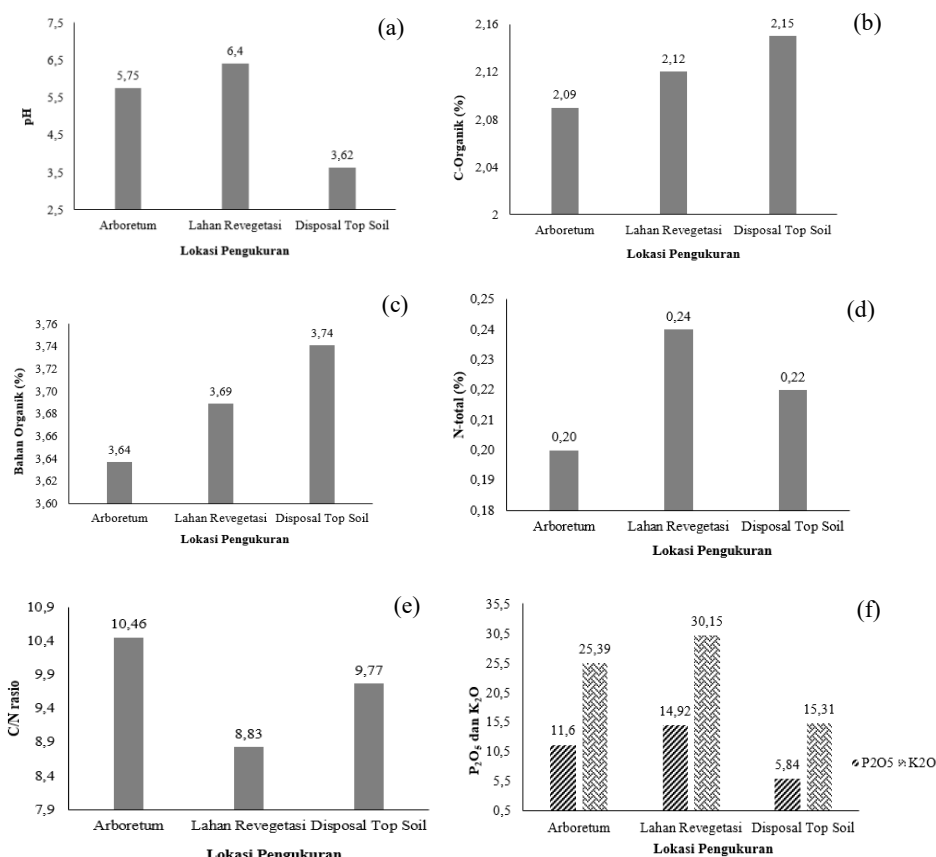


Gambar 7. (a) Tekstur, (b) Porositas, (c) *Bulk density* (kerapatan lindak), dan (d) Kadar air pada ketiga lokasi penelitian.

Sifat Kimia Tanah

Nilai pH pada area arboretum, lahan revegetasi, dan disposal *top soil* berturut-turut adalah 5,75 (agak masam), 6,4 (agak masam), dan 3,62 (sangat masam) (Gambar 8a). Nilai pH tanah di Indonesia umumnya tanah bereaksi masam dengan pH 4,0-5,5

sehingga tanah dengan pH 6,0-6,5 telah dikatakan cukup netral meskipun sebenarnya masih agak masam (Hardjowigeno, 2010). Tanaman sebagian besar dapat tumbuh dengan baik apabila pada tanah mineral dengan rentang pH 5,8-6,5 (Munawar, 2018).



Gambar 8. (a) pH, (b) C-Organik, (c) Bahan organik, (d) N-total, (e) C/N rasio, dan (f) P₂O₅ dan K₂O pada ketiga lokasi penelitian.

Karbon organik tanah untuk masing-masing lokasi berturut-turut 2,09%, 2,12%, dan 2,15% masing-masing pada arboretum, lahan revegetasi, dan area disposal *top soil* (Gambar 8b). Arboretum memiliki kandungan bahan organik tanah sebesar 3,64%, revegetasi sebesar 3,69%, dan area disposal *top soil* sebesar 3,74% (Gambar 8c). Kandungan nitrogen total (N-total) di area arboretum adalah 0,20%, lahan revegetasi sebesar 0,24%, dan disposal *top soil* mencapai 0,22%. Secara keseluruhan, kandungan N-total di ketiga lokasi tersebut tergolong rendah hingga sedang (Gambar 8d). Yuniarti dkk. (2019) menyatakan bahwa kandungan C-organik tanah berkaitan erat dengan kandungan N-total, karena nitrogen berasal dari pelapukan bahan organik.

Lahan revegetasi 2017 memiliki kandungan N-total tertinggi dibandingkan lokasi lainnya, disebabkan oleh dekomposisi bahan organik menjadi nitrat dan amonium yang dapat

dimanfaatkan tanaman. Area arboretum memiliki kandungan nitrogen terendah karena nitrogen dapat hilang melalui pencucian, penguapan, atau diserap tanaman. Rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) di area arboretum adalah 10,46, sedangkan lahan revegetasi 2017 memiliki rasio C/N sebesar 8,83, dan disposal *top soil* mencapai 9,77 (Gambar 8e). Nilai C/N di area arboretum tergolong sedang, sementara lahan revegetasi 2017 dan disposal *top soil* termasuk dalam kriteria rendah. Rasio C/N penting untuk mengetahui tingkat pelapukan dan kecepatan penguraian bahan organik (Wahyuni, 2017).

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan variasi kandungan P₂O₅ dan K₂O di tiga lokasi (Gambar 8f). Di kawasan arboretum, P₂O₅ tercatat 11,6 ppm (rendah) dan K₂O 25,39 ppm (sedang). Di area revegetasi, P₂O₅ meningkat menjadi 14,92 ppm (masih rendah) dan K₂O mencapai 30,15 ppm (sedang). Sementara itu, di lokasi disposal *top soil*,

P₂O₅ tercatat 5,84 ppm (sangat rendah) dan K₂O 15,31 ppm (rendah).

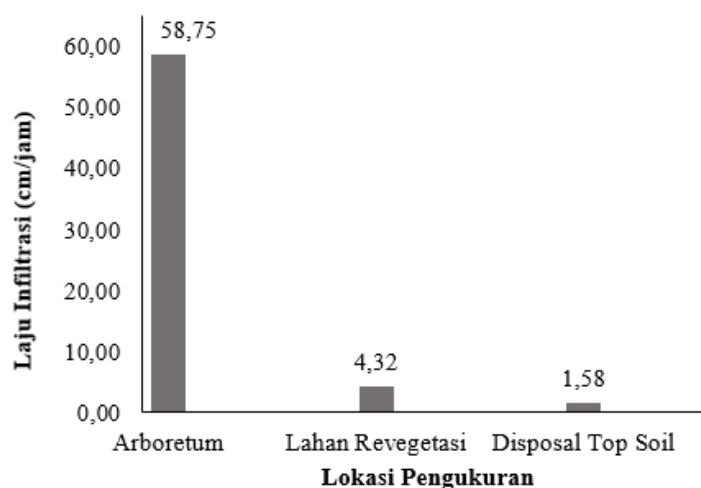
Ketiga lokasi penelitian memiliki kadar fosfor (P) dan kalium (K) yang bervariasi dari rendah, sedang, hingga sangat rendah. Fosfor tersedia berasal dari mineral dan pelapukan sisa tanaman, dan akan tersedia melalui proses mineralisasi (Handayanto dkk., 2017). Dekomposisi bahan organik menghasilkan asam organik yang dapat melepaskan P terikat oleh Al, sehingga P menjadi tersedia untuk tanaman (Siregar dkk., 2017). Sumber kalium dalam tanah berasal dari mineral yang mengandung K, dan K-tersedia adalah K yang dapat dipertukarkan untuk digunakan oleh tanaman (Handayanto dkk., 2017).

Laju Infiltrasi

Pola penanaman pada arboretum dan lahan revegetasi pada dasarnya sama, yaitu menggunakan jarak tanam 4 m × 4 m dengan jarak tanam tanaman sisipan 6 m × 6 m dalam plot 20 m × 20 m. Pola ini menghasilkan kerapatan tanaman yang relatif seragam secara horizontal. Namun demikian, perbedaan umur tegakan (arboretum ±13 tahun dan revegetasi ±8 tahun) serta perbedaan komposisi jenis menyebabkan perbedaan struktur tajuk. Arboretum yang lebih tua dan beragam jenisnya memiliki tajuk lebih rapat dan kompleks, sehingga meningkatkan akumulasi serasah dan aktivitas biologis tanah. Hal ini berkontribusi terhadap laju

infiltrasi yang jauh lebih tinggi pada arboretum (58,75 cm/jam) dibandingkan lahan revegetasi (4,32 cm/jam). Sedangkan laju infiltrasi di area disposasi top soil paling rendah (1,58 cm/jam) dan tergolong lambat (Gambar 9). Perbedaan ini juga dipengaruhi oleh keberadaan dan karakteristik vegetasi. Kerapatan tajuk dan keanekaragaman vegetasi yang tinggi di area arboretum memiliki peran penting terkait kemampuan akar tanaman memfasilitasi penyerapan air dan peran serasah melindungi tanah dari pemadatan dan meningkatkan porositas. Kerapatan tajuk yang tinggi juga meningkatkan aktivitas biologis tanah, berkontribusi pada peningkatan laju infiltrasi. Pengelolaan lahan yang baik harus mempertimbangkan penggunaan vegetasi penutup yang tepat untuk meminimalkan resiko erosi (Tamod dkk., 2020).

Seiring berjalannya waktu, laju infiltrasi cenderung menurun, semakin lama waktu infiltrasi, semakin kecil laju infiltrasi akibat jenuhnya tanah dan terisinya rongga tanah oleh air. Tanah dengan infiltrasi tinggi dapat mengurangi banjir, limpasan, dan erosi dengan menyimpan air dalam pori-pori tanah, sehingga air tersedia bagi tanaman saat tidak ada hujan dan mengurangi kebutuhan irigasi (Usman, 2024). Yunagardasari dkk. (2017) menambahkan pengelolaan vegetasi yang efektif sangat penting untuk menjaga keberlanjutan sumber daya air tanah.



Gambar 9. Laju infiltrasi pada ketiga lokasi penelitian.

Laju infiltrasi pada tegakan campuran, sengon buto, dan tegakan jati tergolong sangat cepat masing-masing sebesar 56,60 cm/jam, 51,60 cm/jam, dan 45,60 cm/jam, sedangkan pada lahan bebas tegakan tergolong sedang yaitu sebesar 4,80 cm/jam (Irawan dan Yuwono, 2016). Kapasitas infiltrasi rerata di lahan pertanian sebesar 6,24

cm/jam dan di lahan tapak bangunan sebesar 5,41 cm/jam tergolong klasifikasi agak lambat (Wati, 2019). Yunagardasari dkk. (2017) mengemukakan laju infiltrasi di lahan semak belukar sebesar 6,56 cm/jam (agak cepat), di lahan kebun kakao sebesar 2,06 cm/jam (sedang), di lahan kebun kelapa sebesar 1,87 cm/jam, dan di lahan sawah sebesar

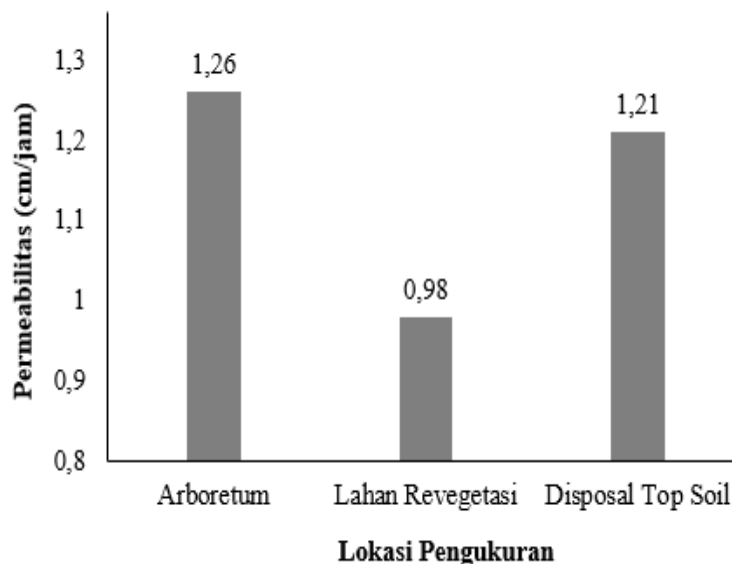
0,87 cm/jam (agak lambat). Tutupan lahan semak belukar menunjukkan tingkat kerentanan lingkungan dengan laju infiltrasi 28,33 mm/jam, kapasitas 49,12 mm/jam, dan volume infiltrasi 27,85 mm³ (Kadir dkk., 2022).

Laju infiltrasi di hutan dipterokarpa campuran (2,56 cm/menit) paling cepat dibandingkan tanah-tanah yang ditumbuhi tumbuhan bawah didominasi *Mikania micrantha* Kunth (2,45 cm/menit), *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv (2,32 cm/menit), *Tridax procumbens* L. (1,56 cm/menit), *Dicranopteris linearis* (Burm.f.) Underw (1,21 cm/menit), dan *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv (1,07 cm/menit) (Karyati dkk., 2014). Nurfadilah dkk. (2025) menyebutkan laju infiltrasi di tegakan sengon (51,24 cm/jam termasuk kelas sangat cepat), diikuti semak (7,56 cm/jam termasuk kelas agak cepat) dan lahan terbuka (4,32 cm/jam termasuk klasifikasi sedang). Laju infiltrasi di hutan

sekunder yang mempunyai kelerengan landai dan agak curam masing-masing sebesar 12,8 cm/jam dan 6,0 cm/jam (Karyati dkk., 2022).

Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah tertinggi pada area arboretum sebesar 1,26 cm/jam, lahan revegetasi memiliki nilai permeabilitas tanah sebesar 0,98 cm/jam, dan disposal top soil memiliki nilai permeabilitas tanah sebesar 1,21 cm/jam, ketiga nilai ini termasuk dalam kategori agak lambat, yaitu > 0,5-2,0. Perbedaan nilai permeabilitas ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi sifat fisik tanah. Pada lahan revegetasi, tekstur tanah lempung berliat menyebabkan pori-pori tanah menjadi lebih kecil dan lebih sedikit, sehingga mengakibatkan permeabilitas lebih rendah. Permeabilitas tanah pada ketiga area tutupan lahan berbeda ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Permeabilitas tanah pada ketiga lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil analisis tekstur tanah, arboretum dan lahan revegetasi memiliki tekstur yang sama yaitu lempung berliat (clay loam), sedangkan disposal top soil memiliki tekstur liat (clay). Meskipun secara tekstur tanah disposal lebih halus (yang umumnya menurunkan permeabilitas), hasil penelitian menunjukkan bahwa permeabilitas disposal (1,21 cm/jam) lebih tinggi dibandingkan lahan revegetasi (0,98 cm/jam). Hal ini diduga karena kandungan bahan organik pada disposal top soil lebih tinggi (3,74%) dibandingkan lahan revegetasi (3,69%). Bahan organik berperan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan agregasi, dan memperbesar pori tanah, sehingga meningkatkan permeabilitas. Dengan demikian, sebaran jenis tanah dalam penelitian ini tidak hanya

dilihat dari tekstur, tetapi juga dari kombinasi sifat fisik lain seperti bahan organik dan struktur tanah yang mempengaruhi permeabilitas.

Alista dan Soemarno (2021) menyatakan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh berbagai sifat fisik tanah, seperti kemantapan agregat, berat isi, porositas, serta tekstur tanah. Permeabilitas memiliki hubungan yang signifikan dan berkorelasi positif dengan produktivitas tanaman. Masria dkk. (2018) juga menjelaskan bahwa karakteristik porositas, kombinasi pori, serta indeks stabilitas pori memberikan pengaruh besar terhadap permeabilitas tanah.

Mulyono dkk. (2019) melaporkan bahwa nilai permeabilitas rata-rata pada lahan hutan sekunder (7,34 cm/jam) lebih tinggi dibandingkan dengan

jenis penggunaan lahan lainnya, seperti kebun monokultur (3,26 cm/jam), kebun campuran (1,23 cm/jam), dan sawah (0,05 cm/jam). Kelerengan yang berbeda mempengaruhi permeabilitas tanah. Permeabilitas di hutan sekunder (lereng landai) sebesar 15,45 cm/jam, sedangkan di hutan sekunder (lereng agak curam) sebesar 11,15 cm/jam (Karyati dkk., 2022). Kepadatan tanah juga berpengaruh terhadap nilai permeabilitas. Aktivitas manusia, seperti pemadatan oleh alat berat, dapat meningkatkan kepadatan tanah, akibatnya kurangnya ruang pori, dan menghambat aliran air. Proses alami seperti pengendapan juga dapat mempengaruhi kepadatan tanah (Hardjowigeno, 2010).

Berdasarkan hasil pengamatan vegetasi, lahan revegetasi tahun 2017 telah memiliki tambahan jenis tanaman lokal seperti mahoni (*Swietenia mahagoni*), mangga (*Mangifera indica*), dan pulai (*Alstonia scholaris*) yang disisipkan di antara tanaman pionir. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum kegiatan revegetasi telah mengarah pada penerapan prinsip penanaman campuran. Namun demikian, tanaman sisipan tersebut masih berada pada fase pertumbuhan awal (tingkat pancang), sehingga kontribusinya terhadap pembentukan struktur tegakan masih relatif kecil. Akibatnya, struktur tegakan pada umur ± 8 tahun masih tergolong sederhana dan belum menunjukkan kompleksitas seperti pada arboretum. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun telah dilakukan penanaman jenis lokal, perkembangan stratifikasi tajuk belum terbentuk secara optimal. Kondisi tersebut berimplikasi pada kerapatan tajuk yang masih lebih rendah serta berpengaruh terhadap laju infiltrasi yang juga lebih kecil dibandingkan dengan arboretum yang memiliki struktur tegakan lebih kompleks.

KESIMPULAN

Beberapa sifat fisik dan kimia tanah yang memengaruhi laju infiltrasi dan permeabilitas adalah tekstur tanah struktur tanah, porositas, bahan organik, dan *bulk density*. Laju infiltrasi tertinggi tercatat pada area arboretum (58,75 cm/jam termasuk kategori sangat cepat) diikuti lahan revegetasi 2017 (4,32 cm/jam termasuk kategori sedang) dan area disposal top soil (1,58 cm/jam termasuk kategori agak lambat). Permeabilitas di area arboretum, lahan revegetasi, dan area disposal top soil masing-masing sebesar 1,26 cm/jam (kategori agak lambat), 0,98 cm/jam (kategori agak lambat), dan 1,21 cm/jam (kategori agak lambat). Penelitian ini merekomendasikan upaya peningkatan bahan organik tanah, pengukuran

infiltrasi dan permeabilitas rutin, pemilihan vegetasi yang mampu meningkatkan porositas tanah, melaksanakan reklamasi berkelanjutan yang mengombinasikan teknik vegetatif dan teknis serta melakukan monitoring jangka panjang. Selain itu, perbaikan kadar nitrogen tanah pada areal disposal juga dapat ditingkatkan dengan penanaman cover crop dari jenis-jenis famili Fabaceae (kacang-kacangan) yang dapat mengikat bintil nitrogen sekaligus untuk mencegah erosi permukaan, serta dikombinasikan dengan pembuatan terasering pada areal disposal. Saran yang dapat diberikan adalah penelitian lanjutan untuk mendalami hubungan sifat tanah dengan infiltrasi serta menentukan metode rehabilitasi yang paling efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada PT Kideco Jaya Agung atas izin pelaksanaan penelitian dan berbagai pihak yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alista, F.A. & Soemarno. (2021) Analisis Permeabilitas Tanah Lapisan Atas dan Bawah di Lahan Kopi Robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 8(2): 493-504.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., dan Fiqri, A. (2017). *Pengolahan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press.
- Hardjowigeno, S. (2010). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Ikhsan, J., dan Rivanto, A.P. (2024). Studi Laju Infiltrasi di Kawasan Rawan Bencana Das Pabelan Pasca Erupsi Gunung Merapi Tahun 2010. *Jurnal Teknik Sipil (TAPAK)*. 13(2): 72-87.
- Irawan, T.I. & Yowono, S.B. (2016). Infiltrasi pada Berbagai Tegakan Hutan di Arboretum Universitas Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(3): 21-34.
- Kadir, S., Ridwan, I., dan Nurlina. (2022). Infiltrasi pada Berbagai Tutupan Lahan DAS Tabunio dan Maluka Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*. 10(3): 329-340.
- Karyati, Ipor, I.B. & Sapawi, M.N. (2014). Laju Infiltrasi Beberapa Jenis Tumbuhan Herba di Matang Wildlife Centre, Sarawak. *Magrobis*. 14(1): 15-23.
- Karyati, Purwanti, E., Mulyadi, R., Ramadhanti, D.P.D., Setyono, D., Widiati, K.Y., Sribianti, I., & Karmini. (2022). Keragaman Jenis Pohon dan Peresapan Air di Lahan

- Terbiarkan Setelah Kebun Tradisional. *Ulin Jurnal Hutan Tropis*. 6(2): 126-134.
- Lee, R. (1990). *Hidrologi Hutan*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Luta, D.A., Siregar, M., Sabrina, T. and Harahap, F.S. (2020). Peran Aplikasi Pembenah Tanah Terhadap Sifat Kimia Tanah pada Tanaman Bawang Merah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 7(1): 121-125.
- Masria, Lopulisa, C., Zubair, H. & Rasyid, B. (2018). Karakteristik Pori dan Hubungannya dengan Permeabilitas pada Tanah Vertisol Asal Jeneponto Sulawesi Selatan. *Jurnal Ecosolum*. 7(1): 38-44.
- Mori, K., Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. (1999). *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta, (Penerjemah: L. Taulu, Editor: Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda).
- Mulyono, A., Lestiana, H., dan Fadilah, A. (2019). Permeabilitas Tanah Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Tanah Aluvial Pesisir DAS Cimanuk, Indramayu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(1): 1-6.
- Munawar, A. (2018). *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- Norfadilah, I., Dwiatmoko, M.U., dan Novianti, Y.S. (2020). Laju Infiltrasi pada Danau Bekas Tambang Alluvial yang Dipengaruhi Karakteristik Sifat Fisik Tanah. *Jurnal Himasapta*. 5(1): 13-17.
- Nurfadilah, A., Mulyadi, R., Karyati, dan Karmini. (2025). Laju Infiltrasi dan Permeabilitas Tanah pada Tegakan Sengon, Semak, dan Lahan Terbuka. *Jurnal Agrifor*. 24(2): 299-308.
- Sarminah, S, Karyati, dan T. Sudarmadji. (2019). *Panduan Praktikum: Konservasi Tanah dan Air*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Siregar, P., Fauzi, dan Supriandi. (2017). Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(2): 256-264.
- Sitorus, S.R.P., Haridjaja, O., dan Brata, K.R. (1983). *Penuntun Praktikum Fisika Tanah*. Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- SNI 7752-2012. (2012). *Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi di Lapangan Menggunakan Metode Cincin Ganda*. BSN. Jakarta.
- Tamod, C.J., Aryanto, R., dan Purwiyono, T.T. (2020). Analisis Laju Infiltrasi Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Kaligending, Karangsambung, Jawa Tengah. *Indonesian Mining and Energy Journal*. 3(2): 76-88.
- Usman, S. (2024). Evaluation and Classification of Soil Infiltration Capacity, Hydrologic Soil Groups and Suitability Rating Classes for Irrigation Application of Fadama Soils. *Research Square*. 1-26. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4613981/v1>.
- Wahyuni, T., Kusnadi, H., dan Honorita, B. (2017). Status Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen Tanah Sawah Tiga Kabupaten di Provinsi Bengkulu. in *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 978-979.
- Wati, E.K. (2019). Analisa Kapasitas Infiltrasi Tanah pada Lahan Pertanian dan Lokasi Rencana Tapak Bangunan Menggunakan Metode Horton. *Navigation Physics*. 1(2): 63-68.
- Wawointana, A. C., Pongoh, J., dan Tilaar, W. (2017). Pengaruh Varietas dan Jenis Pengolahan Tanah terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*. 4(2): 79-83.
- Yunagardasari, C., Paloloang, A. K., dan Monde, A. (2017). Model Infiltrasi pada Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Tulo Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian*. 5(3):315-323.
- Yuniarti, A., Damayani, M., dan Nur, D.M. (2019). Efek Pupuk Organik dan Pupuk N, P, K Terhadap C-organik, N-total, C/N, Serapan N, serta Hasil pada Inceptisols. *Jurnal Pertanian Presisi*. 3(2): 90-105.
- Zewide, I. (2021). Review Paper on Effect of Natural Condition on Soil Infiltration. *International Journal of Green Chemistry*. 7(1): 34-41. DOI: 10.37628/IJGC.