

Variabilitas Laju Infiltrasi Dan Hubungannya Dengan Karakteristik Tanah Mineral Pada Tiga Penggunaan Lahan Di Kabupaten Kahayan Tengah

Vera Amelia¹, Soaloon Sinaga², Fengky F. Adji³

¹²³Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia,
vamelia@agr.upr.ac.id

Abstrak

Variasi infiltrasi antarpenggunaan lahan perlu ditafsirkan bersama karakteristik tanah agar perbedaan lokasi tidak langsung dianggap sebagai akibat pengelolaan. Penelitian ini bertujuan membandingkan laju infiltrasi serta mengidentifikasi karakteristik tanah dan hubungannya dengan infiltrasi pada lahan pertanian, semak belukar, dan hutan di Kecamatan Kahayan Tengah, Kalimantan Tengah. Survei menggunakan pemilihan lokasi secara purposif dengan tiga ulangan tercatat pada setiap penggunaan lahan. Infiltrasi diukur menggunakan double ring infiltrometer selama 30 menit dengan interval lima menit, sedangkan tanah kedalaman 0–20 cm dianalisis untuk tekstur, kadar air, bobot isi, densitas partikel, porositas, dan C-organik. Data dianalisis secara deskriptif dan menggunakan korelasi eksploratif pada sembilan pasangan kode sampel. Rerata infiltrasi pada semak belukar, hutan, dan lahan pertanian masing-masing sebesar $721,00 \pm 34,57$; $480,20 \pm 119,28$; dan $24,87 \pm 1,63$ mm jam⁻¹. Lahan pertanian bertekstur liat berpasir, semak belukar pasir berlempung hingga lempung berpasir, dan hutan pasir. Korelasi gabungan menunjukkan hubungan positif infiltrasi dengan pasir dan bobot isi serta hubungan negatif dengan liat, debu, dan kadar air. Hubungan pasir dan kadar air menunjukkan kuatnya pengaruh pengelompokan. Beberapa nilai porositas, bobot isi dan densitas partikel menunjukkan asosiasi antar karakteristik tanah dan infiltrasi pada setiap lokasi.

Kata kunci: *C-organik, double ring infiltrometer, penggunaan lahan, porositas, tekstur tanah.*

Abstract

Differences in infiltration among land uses need to be interpreted alongside soil characteristics to avoid attributing site differences directly to management. This study compared infiltration rates and characterized their relationships with soil properties under agricultural land, shrubland, and forest in Kahayan Tengah, Central Kalimantan, Indonesia. A purposive survey included three recorded replicates per land use. Infiltration was measured using a double-ring infiltrometer for 30 minutes at five-minute intervals. Soil samples from 0–20 cm depth were analyzed for texture, water content, bulk density, particle density, porosity, and organic carbon. Descriptive statistics and exploratory correlations were applied to nine sample-code pairs. Mean infiltration rates in shrubland, forest, and agricultural land were 721.00 ± 34.57 , 480.20 ± 119.28 , and 24.87 ± 1.63 mm h⁻¹, respectively. Agricultural soils were sandy clay, shrubland soils ranged from loamy sand to sandy loam, and forest soils were sand. Pooled correlations were positive for sand and bulk density and

negative for clay, silt, and water content. Associations with sand and water content changed after within-land-use centering, indicating a substantial influence of site grouping. Several reported porosity values were inconsistent with bulk and particle density. The results identify associations between soil characteristics and infiltration at the sampled locations but do not establish causal land-use effects.

Keywords: *double-ring infiltrometer; land use; organic carbon; porosity; soil texture.*

Corresponding Author:

Vera Amelia

Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, vamelia@agr.upr.ac.id

PENDAHULUAN

Infiltrasi merupakan proses masuknya air melalui permukaan tanah dan menjadi salah satu penghubung antara hujan, simpanan air tanah, dan aliran permukaan. Besarnya infiltrasi tidak hanya dipengaruhi jumlah air yang tersedia di permukaan, tetapi juga oleh susunan partikel, kondisi pori, vegetasi, dan keadaan air tanah. Vereecken *et al.* (2022) menyatakan peranan struktur tanah dalam proses hidrologi dan keterkaitan siklus air dengan karbon. Informasi infiltrasi perlu dilengkapi dengan sifat tanah yang diukur pada lokasi pengamatan.

Penggunaan lahan dapat berkaitan dengan perubahan vegetasi, akar, serasah, dan gangguan permukaan. Namun, lahan pertanian, semak belukar, dan hutan juga dapat berada pada bahan tanah atau posisi bentang lahan yang berbeda. Robinson *et al.* (2022), melalui analisis pengukuran infiltrasi dengan tiga penggunaan berbeda, menunjukkan pentingnya bobot isi dan konektivitas pori. Temuan ini menegaskan perlunya membedakan hubungan perbedaan penggunaan lahan dengan pengaruh pengelolaan pada tanah yang sebanding.

Penelitian mutakhir memperlihatkan bahwa variasi infiltrasi melibatkan beberapa sifat yang saling berhubungan. Zhu *et al.* (2024) mengidentifikasi tekstur, kapasitas lapang, dan kerapatan massa akar sebagai penjelas variasi infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan. Zhang *et al.* (2024) menunjukkan hubungan akar dengan infiltrasi melalui porositas, serta peranan tidak langsung bahan organik melalui stabilitas agregat. Kajian Tang *et al.* (2026) juga membedakan porositas total, kapiler, dan nonkapiler dalam analisis infiltrasi pada vegetasi berbeda. Besarnya porositas total saja dengan demikian belum menjelaskan seluruh kemampuan tanah meneruskan air.

Di Indonesia, Maro'ah *et al.* (2025) melaporkan variasi infiltrasi pada beberapa penutup lahan di tanah Alfisol. Muntohar *et al.* (2025) menunjukkan bahwa estimasi parameter infiltrasi melalui pengujian double ring memerlukan pencocokan kurva dan evaluasi model. Kedua studi memberi dasar empiris dan metodologis untuk pengukuran setempat, tetapi hasil dari lokasi lain tidak dapat langsung digunakan untuk menentukan urutan infiltrasi di Kahayan Tengah. Penilaian diperlukan berdasarkan data lapangan dan laboratorium yang saling berpasangan.

Penelitian ini menyajikan perbandingan pada tanah mineral di tiga penggunaan lahan di Kecamatan Kahayan Tengah. Fokusnya adalah: (1) membandingkan rerata dan perubahan laju infiltrasi selama pengamatan; (2) mengidentifikasi tekstur, kadar air, bobot isi, densitas partikel, porositas, dan C-

organik; serta (3) menganalisis hubungan karakteristik tersebut dengan infiltrasi. Kontribusi penelitian terletak pada pembacaan bersama data infiltrasi dan sifat tanah setempat, disertai pemeriksaan pengaruh pengelompokan lokasi terhadap korelasi. Penelitian diperlakukan sebagai survei eksploratif, bukan percobaan yang mengisolasi pengaruh perubahan penggunaan lahan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan rancangan pengamatan

Penelitian dilakukan pada tahun 2026 di Kecamatan Kahayan Tengah, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Analisis tanah dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Palangka Raya. [Lengkapi bulan dan tanggal pengambilan data yang benar-benar digunakan dalam artikel.] Lokasi dipilih secara purposif pada lahan pertanian (LP), semak belukar (LSB), dan hutan (LH). Masing-masing kelompok mempunyai tiga ulangan tercatat, dengan kode LP-1–LP-3, LSB-1–LSB-3, dan LH-1–LH-3. Contoh tanah diambil pada kedalaman 0–20 cm.

Sembilan kode tersebut digunakan sebagai unit pengolahan data. Statusnya sebagai titik lapangan yang independen perlu dikonfirmasi karena uraian pelaksanaan juga menyebut pengukuran pagi, siang, dan sore. Jika pengukuran merupakan pengulangan pada titik yang sama, struktur analisis harus disesuaikan. Enam waktu pembacaan dalam satu ulangan tidak dihitung sebagai enam ulangan independen. Koordinat, jarak antartitik, kemiringan lereng, dan riwayat pengelolaan belum tersedia secara memadai untuk mengendalikan perbedaan kondisi lokasi.

Pengukuran dan perhitungan infiltrasi

Pengukuran menggunakan double ring infiltrometer dengan diameter ring dalam 15 cm, ring luar 30 cm, dan tinggi masing-masing 11 cm. Permukaan lokasi dibersihkan dan kedua ring dibenamkan sekitar 5 cm. Menurut prosedur yang dicatat, ruang di antara ring terlebih dahulu dibasahi, kemudian ring luar dan ring dalam diisi sampai tanda batas. Penurunan muka air diamati setiap lima menit selama 30 menit dan air ditambahkan kembali sampai tanda batas. Tinggi genangan serta frekuensi pengisian selama interval perlu dipastikan dari catatan lapangan untuk melengkapi keterulangan metode.

Seri menit ke-5 hingga ke-30 ditafsirkan sebagai infiltrasi kumulatif bersatuan cm, mengikuti definisi dan perhitungan hasil pada laporan sumber. Penafsiran ini perlu dicocokkan dengan lembar lapangan karena judul salah satu tabel sumber masih menyebut cm jam^{-1} . Kedalaman kumulatif akhir dikonversi menjadi mm, lalu dibagi durasi pengamatan untuk memperoleh rerata laju. Laju setiap interval diperoleh dari selisih kedalaman kumulatif pada dua waktu berurutan:

$$f_{30} = 10F_{30} / 0,5 = 20F_{30}$$
$$f_i = 10(F_i - F_{i-1}) \times 60/5 = 120(F_i - F_{i-1})$$

F adalah kedalaman infiltrasi kumulatif dalam cm, f adalah laju dalam mm jam^{-1} , dan $F_0 = 0$. Kedalaman kumulatif pada setiap waktu tidak dijumlahkan kembali. Nilai yang dianalisis adalah rerata laju selama 30 menit, bukan infiltrasi konstan atau konduktivitas hidraulik jenuh. Model Horton tidak dipasang karena pengamatan akhir masih berfluktuasi dan kestabilan laju belum ditetapkan.

Kelas infiltrasi digunakan secara deskriptif berdasarkan rentang USDA (1999). Untuk kelas yang muncul dalam data ini, rentangnya adalah sedang 15,24–<50,80 mm jam^{-1} , cepat 152,40–<508,00 mm jam^{-1} , dan sangat cepat $\geq 508,00$ mm jam^{-1} . Penerapan kelas pada rerata 30 menit hanya membantu perbandingan angka

dan tidak menggantikan pengukuran infiltrasi yang telah mencapai kondisi relatif tetap.

Analisis karakteristik tanah

Fraksi pasir, debu, dan liat dianalisis dengan metode pipet sebagaimana diuraikan dalam metode sumber, kemudian kelas teksturnya ditentukan menggunakan segitiga tekstur USDA-NRCS (tanpa tahun). Kadar air ditentukan melalui penimbangan contoh sebelum dan setelah pengeringan pada suhu 105 °C selama 24 jam. Karena keterangan gravimetri dan label persen volume pada sumber tidak konsisten, nilai kadar air dipertahankan sesuai data laboratorium tanpa konversi sampai basis pelaporannya dikonfirmasi.

Bobot isi ditentukan dari massa tanah kering oven dibagi volume ring contoh. Densitas partikel ditentukan menggunakan piknometer, sedangkan C-organik dianalisis dengan metode Walkley–Black sesuai uraian sumber. Rincian prosedur operasional laboratorium dan dasar pelaporan C-organik perlu dilengkapi sebelum pengiriman naskah. C-organik dilaporkan sebagai karbon organik, tanpa konversi menjadi bahan organik menggunakan faktor tetap.

$$\text{Porositas (\%)} = [1 - (\rho_b / \rho_s)] \times 100$$

ρ_b adalah bobot isi dan ρ_s adalah densitas partikel, keduanya dalam g cm^{-3} . Porositas tercantum dipertahankan sebagai data sumber dan dibandingkan dengan hasil hitung ulang menggunakan angka bobot isi dan densitas partikel yang tersedia. Hasil hitung ulang dipakai sebagai pemeriksaan sensitivitas, bukan sebagai pengganti hasil laboratorium yang belum diverifikasi.

Analisis data

Setiap parameter diringkas menggunakan rerata dan simpangan baku sampel (SD; penyebut $n - 1$). Koefisien variasi dihitung sebagai $\text{SD}/\text{rerata} \times 100\%$. Perbandingan antarlahan difokuskan pada pola deskriptif. Pengujian ANOVA Welch dan uji pasangan tidak dilaporkan karena independensi unit pengamatan belum dapat dipastikan dari dokumentasi yang tersedia. Keputusan ini mencegah pengukuran berulang ditafsirkan sebagai replikasi lapangan.

Hubungan tanah dan infiltrasi dihitung pada sembilan pasangan kode yang sama menggunakan Pearson dan Spearman. Nilai p Pearson dua arah dikoreksi dengan metode Holm untuk delapan parameter: pasir, debu, liat, kadar air, bobot isi, densitas partikel, porositas tercantum, dan C-organik. Nilai p disajikan sebagai hasil eksploratif bersyarat pada ketepatan pasangan, independensi, dan asumsi analisis; Spearman hanya digunakan untuk membandingkan koefisien. Ketiga fraksi tekstur merupakan data komposisional yang jumlahnya 100%, sehingga hasilnya tidak dianggap sebagai tiga mekanisme yang independen.

Sebagai diagnostik pengelompokan, setiap nilai sifat tanah dan infiltrasi dikurangi rerata kelompok lahannya, lalu korelasi dihitung kembali pada penyimpangan tersebut. Analisis ini tidak disertai pengujian signifikansi tambahan. Korelasi dengan porositas hasil hitung ulang juga dibandingkan dengan porositas sumber. Regresi berganda tidak dibangun karena jumlah pasangan kecil serta terdapat ketergantungan antarsifat tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi rerata infiltrasi antarpenggunaan lahan

Rerata laju infiltrasi selama 30 menit menunjukkan urutan $\text{LSB} > \text{LH} > \text{LP}$ (Tabel 1). Rerata LSB sekitar 29,00 kali LP, sedangkan LH sekitar 19,31 kali LP.

Perbandingan tersebut menunjukkan besarnya perbedaan pada sampel yang diamati; besaran rasio tidak diartikan sebagai dampak perubahan penggunaan lahan karena kondisi tanah antarlokasi berbeda dan rancangan bersifat survei.

Tabel 1 Kedalaman infiltrasi dan rerata laju selama 30 menit

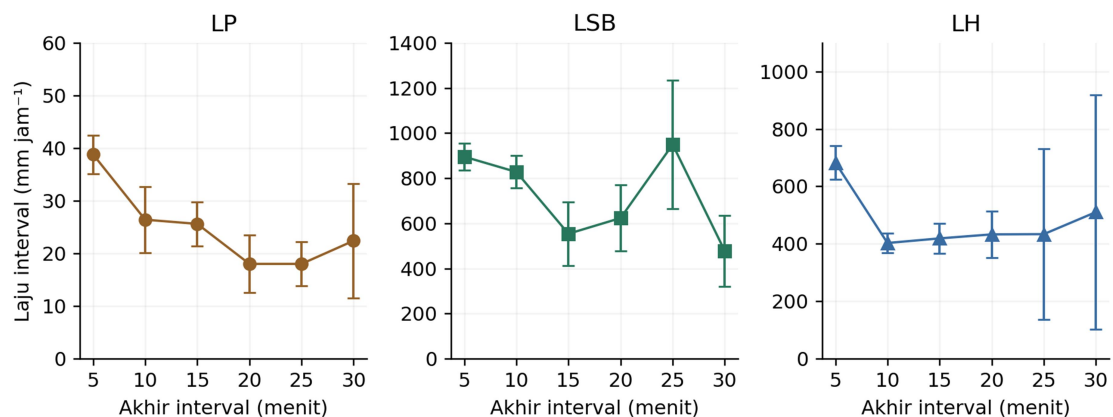
Lahan	Kedalaman (mm)	Laju $\pm$ SD (mm jam ⁻¹)	Rentang laju (mm jam ⁻¹)	CV (%)	Kelas
LP	12,43	24,87 $\pm$ 1,63	23,00–26,00	6,55	Sedang
LSB	360,50	721,00 $\pm$ 34,57	684,60–753,40	4,80	Sangat cepat
LH	240,10	480,20 $\pm$ 119,28	396,60–616,80	24,84	Cepat

n = 3 ulangan tercatat per lahan. Kedalaman merupakan rerata infiltrasi kumulatif pada menit ke-30. CV = koefisien variasi. LP = lahan pertanian; LSB = semak belukar; LH = hutan. Kelas digunakan secara deskriptif pada rerata 30 menit. Variasi relatif paling besar terdapat pada LH, dengan CV 24,84%, dibandingkan LP 6,55% dan LSB 4,80%. Infiltrasi LH-3 mencapai 616,80 mm jam⁻¹, sedangkan LH-1 dan LH-2 masing-masing 396,60 dan 427,20 mm jam⁻¹. Dengan demikian, kelas cepat berdasarkan rerata LH tidak menggambarkan semua ulangan karena LH-3 termasuk sangat cepat. Pada LP seluruh ulangan termasuk sedang dan pada LSB seluruhnya sangat cepat.

Maro'ah et al. (2025) juga menunjukkan variasi infiltrasi antarpenukupan lahan di Indonesia. Kesamaan yang relevan ialah perlunya mempertimbangkan kondisi tanah dan tutupan pada tiap lokasi, bukan kesamaan besaran laju. Dalam penelitian ini, perbedaan tekstur LP dengan LSB dan LH memberikan penjelasan yang lebih terukur daripada sekadar mengurutkan jenis vegetasi.

Perubahan laju selama pengamatan

Laju interval LP cenderung turun dari 38,80 mm jam⁻¹ pada 0–5 menit menjadi 18,00 mm jam⁻¹ pada 15–20 dan 20–25 menit, lalu naik menjadi 22,40 mm jam⁻¹ pada interval terakhir. LSB berfluktuasi, termasuk peningkatan menjadi 949,20 mm jam⁻¹ pada 20–25 menit sebelum turun menjadi 477,20 mm jam⁻¹. Pada LH, laju interval terakhir mencapai 510,40 mm jam⁻¹ dengan SD 408,13 mm jam⁻¹, menunjukkan besarnya variasi antarulangan (Gambar 1).



Gambar 1 Perubahan rerata laju infiltrasi setiap interval lima menit

Simbol menunjukkan rerata tiga ulangan tercatat; batang galat menunjukkan SD. Skala sumbu vertikal berbeda antarpanel agar pola pada LP terlihat. Garis hanya menghubungkan rerata interval, bukan kurva hasil pemodelan.

Urutan laju pada interval terakhir berbeda dari rerata 30 menit: LH melampaui LSB pada interval 25–30 menit, tetapi rerata keseluruhan LSB tetap lebih tinggi. Karena keduanya menggambarkan rentang waktu berbeda, laju interval terakhir tidak boleh menggantikan rerata seluruh pengamatan. Fluktuasi juga menunjukkan bahwa durasi 30 menit belum cukup untuk menetapkan laju konstan pada semua ulangan. Muntohar et al. (2025) menaksir parameter melalui pencocokan kurva laju–waktu dan evaluasi model. Pada dataset ini, pola yang belum stabil serta kebutuhan verifikasi pembacaan kumulatif membatasi penggunaan model. Gangguan saat pengisian air, tinggi genangan, aliran preferensial, dan heterogenitas tanah dapat dipertimbangkan sebagai kemungkinan penyebab fluktuasi, tetapi belum dapat ditentukan tanpa catatan operasi alat dan data tambahan.

Karakteristik tanah dan perbedaan antarlahan

Tabel 2 Karakteristik tanah kedalaman 0–20 cm

Parameter	LP	LSB	LH
Pasir (%)	49,48 ± 2,26	84,11 ± 4,26	90,75 ± 1,21
Debu (%)	10,20 ± 0,63	3,65 ± 1,05	3,08 ± 0,87
Liat (%)	40,33 ± 1,63	12,24 ± 3,21	6,17 ± 0,51
Kadar air (%)	23,47 ± 4,07	9,46 ± 1,39	12,76 ± 2,11
Bobot isi (g cm^{-3})	1,08 ± 0,01	1,23 ± 0,03	1,10 ± 0,01
Berat jenis partikel (g cm^{-3})	1,58 ± 0,06	1,93 ± 0,05	2,61 ± 0,09
Porositas tercantum (%)	29,54 ± 0,50	36,89 ± 0,59	56,20 ± 0,94
C-organik (%)	5,79 ± 0,45	4,59 ± 0,46	4,06 ± 2,17

Angka adalah rerata ± SD tiga sampel. Basis pelaporan kadar air perlu dikonfirmasi. Densitas partikel dan porositas tercantum masih memerlukan pemeriksaan data dasar.

LP mengandung liat rata-rata 40,33%, jauh lebih besar daripada LSB 12,24% dan LH 6,17%. Ketiga sampel LP termasuk liat berpasir. LSB-1 dan LSB-2 termasuk pasir berlempung, sedangkan LSB-3 termasuk lempung berpasir. Ketiga sampel LH termasuk pasir. Seluruh fraksi pada setiap sampel berjumlah 100%. Kelas hasil evaluasi ini menggantikan pembacaan label kelompok yang tidak konsisten pada lembar sumber, tanpa mengubah hasil pengukuran fraksi. Kadar air rata-rata paling tinggi terdapat pada LP (23,47%), disusul LH (12,76%) dan LSB (9,46%). Pola tersebut sejalan dengan kandungan liat yang lebih tinggi pada LP. Walaupun tanah berliat dapat menahan air lebih besar, kadar air sesaat tidak sama dengan kapasitas lapang atau air tersedia. Waktu pengambilan contoh relatif terhadap pembasahan infiltrometer juga belum dipastikan sehingga data tidak ditafsirkan sebagai kadar air awal yang terkendali.

Bobot isi rata-rata tertinggi ditemukan pada LSB ($1,23 \text{ g cm}^{-3}$), diikuti LH ($1,10 \text{ g cm}^{-3}$) dan LP ($1,08 \text{ g cm}^{-3}$). Rendahnya infiltrasi LP karena itu tidak dapat dijelaskan dengan klaim bahwa LP memiliki bobot isi tertinggi. Tanah dengan tekstur berbeda dapat memperlihatkan bobot isi dan ukuran pori penghantar air yang berbeda pula. Penilaian pengaruh pemadatan memerlukan perbandingan pada bahan tanah dan tekstur yang sebanding, sebagaimana relevansi perbandingan pada tanah yang sama dalam Robinson et al. (2022).

C-organik rata-rata menunjukkan urutan LP (5,79%) > LSB (4,59%) > LH (4,06%), yang berbeda dari urutan infiltrasi. Variasi C-organik LH cukup besar, yaitu 1,87–6,20% dengan CV sekitar 53,38%. Temuan ini menunjukkan heterogenitas contoh tanah hutan dan belum mendukung anggapan bahwa semua contoh hutan mempunyai karbon organik tertinggi. Riwayat penambahan bahan organik, kondisi serasah, dan heterogenitas titik belum tersedia untuk menjelaskan pola tersebut.

Densitas partikel rata-rata pada LP dan LSB, masing-masing 1,58 dan 1,93 g cm⁻³, lebih rendah daripada LH 2,61 g cm⁻³. Kandungan C-organik saja belum menjelaskan perbedaan ini: LP-2 dan LH-2 memiliki C-organik hampir sama, sekitar 6,2%, tetapi densitas partikelnya 1,64 dan 2,65 g cm⁻³. Identitas contoh, massa kering, koreksi kadar air, dan penimbangan piknometer perlu diperiksa sebelum nilai tersebut digunakan untuk menjelaskan perbedaan porositas. Porositas tercantum rata-rata sebesar 29,54% pada LP, 36,89% pada LSB, dan 56,20% pada LH. Perhitungan ulang menghasilkan 31,95%; 36,39%; dan 57,82%. Selisih terbesar per sampel terdapat pada LP-2 (+4,57 poin persentase) dan LSB-2 (-4,29 poin persentase; Tabel S1). Perbedaan sebesar itu memerlukan pemeriksaan data dasar, sementara hasil hitung ulang juga belum dapat dianggap benar secara final karena bergantung pada densitas sumber.

Hubungan karakteristik tanah dengan infiltrasi

Korelasi gabungan sembilan pasangan kode menunjukkan hubungan positif infiltrasi dengan pasir dan bobot isi, serta hubungan negatif dengan debu, liat, dan kadar air (Tabel 3). Nilai p Holm untuk kelima hubungan lebih kecil dari 0,05, tetapi penafsirannya tetap bersyarat pada kesesuaian pasangan dan independensi titik. Karena n kecil dan data membentuk kelompok lahan, koefisien dipakai untuk mengenali pola yang perlu diuji lebih lanjut, bukan menetapkan penyebab utama.

Tabel 3 Korelasi eksploratif sifat tanah dengan rerata infiltrasi selama 30 menit

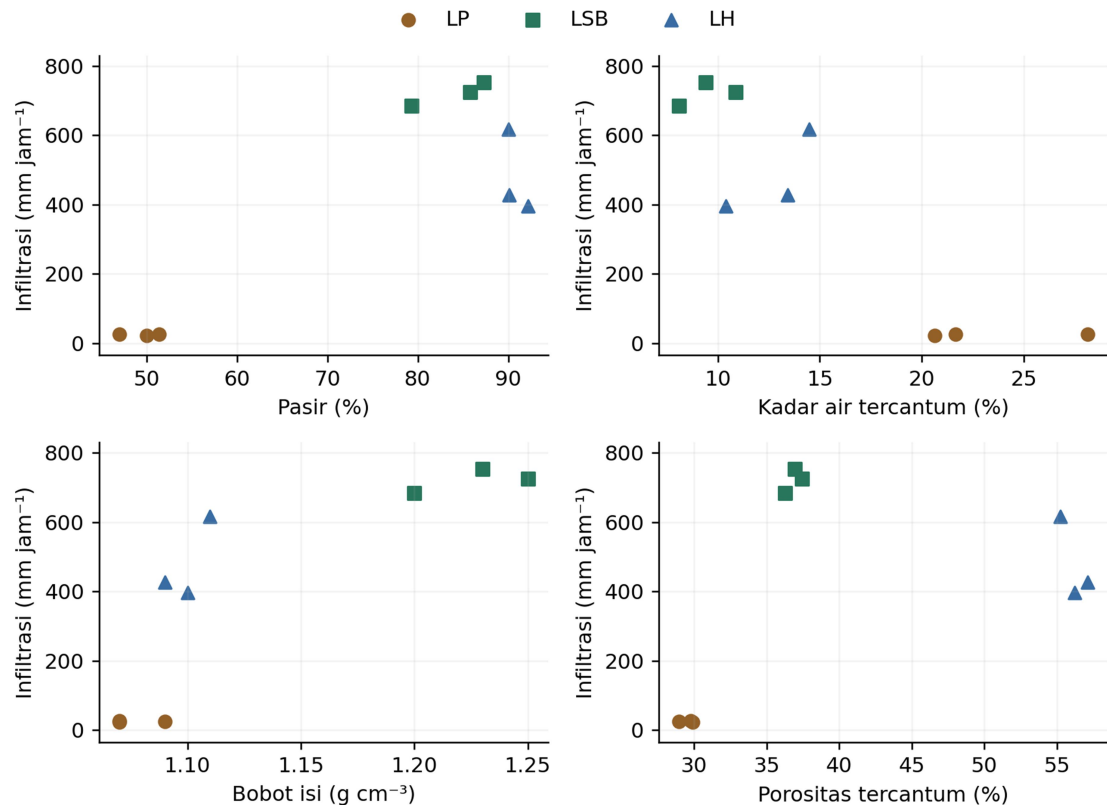
Parameter	Pearson r	p dua arah	p Holm	Spearman p
Pasir	0,856	0,0032	0,0199	0,467
Debu	-0,861	0,0028	0,0199	-0,617
Liat	-0,853	0,0035	0,0199	-0,483
Kadar air	-0,883	0,0016	0,0127	-0,767
Bobot isi	0,833	0,0054	0,0214	0,916
Densitas partikel	0,490	0,1808	0,5423	0,450
Porositas tercantum	0,417	0,2638	0,5423	0,433
C-organik	-0,414	0,2686	0,5423	-0,483

n = 9 pasangan berdasarkan kode. Pearson r menunjukkan hubungan linear dan Spearman p hubungan peringkat. p Holm merupakan koreksi delapan uji Pearson dua arah. Nilai p bersyarat pada independensi, ketepatan pasangan, dan asumsi Pearson; Spearman tidak diuji signifikansinya di sini. Porositas dan densitas partikel masih memerlukan verifikasi.

Pasir mempunyai r = 0,856, sedangkan liat dan debu mempunyai r = -0,853 dan -0,861. Perbedaan tersebut terutama memisahkan LP yang relatif berliat dengan infiltrasi rendah dari dua kelompok yang berpasir. Namun, LH lebih berpasir

daripada LSB tanpa mempunyai infiltrasi rata-rata lebih tinggi. Spearman pasir hanya 0,467 dan liat $-0,483$, lebih lemah daripada Pearson. Artinya, pemisahan kelompok bertekstur berbeda tidak menghasilkan urutan infiltrasi yang konsisten di seluruh titik.

Kadar air memiliki Pearson $r = -0,883$ dan Spearman $\rho = -0,767$. Hubungan negatif gabungan ini masuk akal sebagai pola perbandingan tanah LP yang lebih basah dan berliat dengan LSB yang lebih kering, tetapi belum mengisolasi pengaruh kadar air. Zhu et al. (2024) menempatkan sifat tekstur, kapasitas lapang, dan akar secara bersama dalam menjelaskan variasi infiltrasi. Data kadar air penelitian ini tidak dapat dipersamakan dengan kapasitas lapang pada studi tersebut.



Gambar 2 Sebaran hubungan sifat tanah dengan rerata infiltrasi selama 30 menit

Setiap simbol adalah satu pasangan kode sampel. Sumbu infiltrasi menggunakan skala yang sama pada semua panel. Warna dan bentuk membedakan lahan sehingga pemisahan kelompok terlihat. Porositas yang ditampilkan adalah nilai sumber; garis regresi gabungan tidak ditambahkan. Hubungan positif bobot isi dengan infiltrasi ($r = 0,833$; $\rho = 0,916$) terutama tampak karena LSB mempunyai kedua nilai tertinggi. Hasil ini tidak membuktikan bahwa pemadatan memperbesar infiltrasi. Pada perbandingan antarlokasi, bobot isi dapat berubah bersama tekstur, bahan tanah, dan struktur, sehingga koefisien gabungan tidak setara dengan respons satu tanah terhadap peningkatan kepadatan.

Densitas partikel, porositas tercantum, dan C-organik belum menunjukkan bukti hubungan linear yang memadai berdasarkan uji bersyarat tersebut. Penggunaan porositas hasil hitung ulang menurunkan Pearson dari 0,417 menjadi 0,322, dengan p dua arah 0,3977. Perbandingan ini merupakan pemeriksaan sensitivitas di luar

delapan uji utama. Ketidakpastian porositas dan kecilnya jumlah sampel membatasi kesimpulan mengenai peran pori total.

Tanda negatif pada C-organik ($r = -0,414$) juga tidak menunjukkan bahwa karbon organik menghambat infiltrasi. LP mempunyai C-organik tertinggi sekaligus kandungan liat tertinggi. Zhang et al. (2024) memperlihatkan kemungkinan jalur bahan organik melalui stabilitas agregat dan akar melalui porositas. Karena agregat dan akar belum diukur sebagai variabel hasil pada penelitian ini, jalur tersebut hanya menjadi penjelasan yang dapat diuji selanjutnya. Perbedaan pori total dengan pori kapiler dan nonkapiler pada Tang et al. (2026) juga relevan untuk memperbaiki pengukuran.

Pengelompokan lokasi dan batas penafsiran

Setelah setiap variabel dipusatkan terhadap rerata kelompok lahan, korelasi pasir–infiltrasi turun dari 0,856 menjadi 0,079. Korelasi kadar air–infiltrasi berubah dari $-0,883$ menjadi $0,383$. Perubahan ini memperlihatkan bahwa hubungan gabungan banyak mencerminkan perbedaan rerata antarlahan. Dengan tiga ulangan tercatat per kelompok, koefisien setelah pemusatan juga belum stabil dan tidak digunakan sebagai bukti hubungan dalam kelompok yang pasti.

Keterbatasan utama meliputi ketidakpastian independensi ulangan, jumlah lokasi yang kecil, kesesuaian pasangan laboratorium–lapangan yang masih perlu diperiksa, serta porositas yang belum konsisten. Perbedaan bahan induk, lereng, vegetasi rinci, riwayat pengelolaan, dan kondisi cuaca saat pengukuran belum dikendalikan. Data lapisan 0–20 cm juga belum mewakili seluruh profil yang dilalui air selama pengukuran. Oleh karena itu, hasil berlaku untuk sampel dan kondisi pengamatan ini, bukan ukuran pengaruh penggunaan lahan yang dapat langsung digeneralisasi.

Secara praktis, hasil mengarahkan perhatian pada perlindungan permukaan dan pemeliharaan struktur tanah pertanian, serta penilaian retensi air pada lahan berpasir. Pengukuran sebelum dan sesudah tindakan pengelolaan diperlukan untuk menilai manfaatnya. Infiltrasi yang tinggi belum menunjukkan tingginya air tersedia untuk tanaman atau rendahnya kehilangan hara karena kedua proses tersebut tidak diukur. Penambahan titik independen pada beberapa hamparan, pencatatan kadar air awal, dan pengamatan hingga laju relatif tetap menjadi kebutuhan penelitian berikutnya.

KESIMPULAN

Pada lokasi penelitian, rerata infiltrasi selama 30 menit tertinggi terdapat pada semak belukar ($721,00 \text{ mm jam}^{-1}$), diikuti hutan ($480,20 \text{ mm jam}^{-1}$) dan lahan pertanian ($24,87 \text{ mm jam}^{-1}$). Lahan pertanian bertekstur liat berpasir dengan kadar air dan C-organik rata-rata tertinggi, semak belukar bertekstur pasir berlempung hingga lempung berpasir dengan bobot isi tertinggi, dan hutan bertekstur pasir. Densitas partikel serta porositas masih memerlukan verifikasi.

Korelasi gabungan menunjukkan hubungan positif infiltrasi dengan pasir dan bobot isi serta hubungan negatif dengan liat, debu, dan kadar air. Hubungan pasir dan kadar air berubah setelah pemusatan dalam kelompok lahan, sehingga sebagian besar pola mencerminkan perbedaan antarlokasi. Hasil belum membuktikan pengaruh kausal penggunaan lahan atau pengaruh mandiri setiap sifat tanah. Verifikasi pengukuran dan penambahan titik independen diperlukan untuk memperkuat penjelasan proses infiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Maro'ah, S., Cahyono, O., Ariyanto, D. P., & Pramudita, T. (2025). Analysis of Alfisol soil infiltration rate on various land cover and its effect on soil erodibility in Mount Bromo Special Purpose Forest Area, Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 13(1), 203–217. <https://doi.org/10.23960/jsl.v13i1.993>
- Muntohar, A. S., Ikhsan, J., Setiati, R., & Uzuoka, R. (2025). Evaluation of infiltration models with double ring infiltrometer test on residual soil in Kulonprogo, Indonesia. *Civil Engineering Dimension*, 27(2), 193–204. <https://doi.org/10.9744/ced.27.2.193-204>
- Robinson, D. A., Nemes, A., Reinsch, S., Radbourne, A., Bentley, L., & Keith, A. M. (2022). Global meta-analysis of soil hydraulic properties on the same soils with differing land use. *Science of the Total Environment*, 852, 158506. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158506>
- Tang, X., Peng, Y., Zhang, J., Li, D., Cao, Y., Zhao, W., & Wu, Y. (2026). Analysis of soil infiltration characteristics and their influencing factors under different vegetation based on a PLS-SEM model. *Hydrology*, 13(7), 197. <https://doi.org/10.3390/hydrology13070197>
- USDA. (1999). Soil quality test kit guide. Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service, and Soil Quality Institute. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-A57-PURL-gpo113056/pdf/GOVPUB-A57-PURL-gpo113056.pdf>
- USDA-NRCS. (Tanpa tahun). Soil texture calculator. Natural Resources Conservation Service. Diakses 5 Oktober 2026. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator>
- Vereecken, H., Amelung, W., Bauke, S. L., Bogen, H., Brüggemann, N., Montzka, C., Vanderborght, J., Bechtold, M., Blöschl, G., Carminati, A., Javaux, M., Konings, A. G., Kusche, J., Neuweiler, I., Or, D., Steele-Dunne, S., Verhoef, A., Young, M., & Zhang, Y. (2022). Soil hydrology in the Earth system. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 573–587. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00324-6>
- Zhang, S., Zhao, G., Fan, J., Yang, M., Tian, P., Mu, X., & Geng, R. (2024). Variations of soil infiltration in response to vegetation restoration and its influencing factors on the Loess Plateau. *Journal of Environmental Management*, 372, 123356. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123356>
- Zhu, P., Zhang, G., Wang, C., Chen, S., & Wan, Y. (2024). Variation in soil infiltration properties under different land use/cover in the black soil region of Northeast China. *International Soil and Water Conservation Research*, 12(2), 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.07.007>