

Pengaruh Kombinasi Tanaman Kehutanan Dan Pertanian (Agroforestri) Terhadap Laju Infiltrasi Di Sub-DAS Mandar

The Effect of a Combination Of Forestry And Agricultural Crops (Agroforestry) on Infiltration Rate In The Mandar Sub-Watershed

Rosmaeni^{1*}, Nurmaranti Alim², Tri Utami Ramadhani¹

¹Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Sulawesi Barat

²Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Sulawesi Barat

*Corresponding Email: rosmaeni@unsulbar.ac.id

ABSTRACT

Changes in forest land use trigger watershed hydrological degradation in the form of increased surface runoff. This study examines the effect of agroforestry vegetation combinations on infiltration rates in the Mandar Sub-watershed on three types of cover: *Falcataria moluccana* + *Coffea* sp, *Gmelina arborea* + *Coffea* sp., and *Gmelina arborea* + *Gliricidia sepium*. Infiltration rates were measured in-situ using a double ring infiltrometer at 10-minute intervals and modeled using the Horton equation. Soil physical characteristics (bulk density, particle density, porosity, permeability, organic matter, and texture) were analyzed by taking intact soil samples. The analysis results showed that the average infiltration rate of the *Falcataria moluccana* + *Coffea* sp. combination reached 14.65 cm/hour (fast category), surpassing *Gmelina arborea* + *Coffea* sp. (11.71 cm/hour) and *Gmelina arborea* + *Gliricidia sepium* (11.69 cm/hour) which were categorized as rather fast. Soil physical properties significantly influence infiltration capacity, with Pearson correlation analysis showing a strong positive linear relationship between permeability ($r = 0.979$), porosity ($r = 0.972$), and sand content ($r = 0.659$).

Keywords: Agroforestry, Horton Model, Infiltration Rate, Soil Physical Characteristics.

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan hutan memicu degradasi hidrologi DAS berupa peningkatan limpasan permukaan. Penelitian ini mengkaji pengaruh kombinasi vegetasi agroforestri terhadap laju infiltrasi di Sub DAS Mandar pada tiga jenis penutupan: sengon (*Falcataria moluccana*) + kopi (*Coffea* sp.), jati putih (*Gmelina arborea*) + kopi (*Coffea* sp.), dan jati putih (*Gmelina arborea*) + gamal (*Gliricidia sepium*). Laju infiltrasi diukur secara in-situ menggunakan double ring infiltrometer dengan interval 10 menit dan dimodelkan lewat persamaan Horton. Karakteristik fisik tanah (bulk density, particle density, porositas, permeabilitas, bahan organik, dan tekstur) dianalisis melalui pengambilan sampel tanah utuh. Hasil analisis menunjukkan rata-rata laju infiltrasi kombinasi sengon + kopi mencapai 14,65 cm/jam (kategori cepat), mengungguli jati putih + kopi (11,71 cm/jam) dan jati putih + gamal (11,69 cm/jam) yang dikategorikan agak cepat. Sifat fisik tanah secara signifikan mengendalikan kapasitas infiltrasi, di mana analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan linier positif yang kuat pada variabel permeabilitas ($r = 0,979$), porositas ($r = 0,972$), dan kandungan pasir ($r = 0,659$).

Kata kunci: Agroforestri, Karakteristik Fisik Tanah, Laju Infiltrasi, Model Horton

1. PENDAHULUAN

Perubahan tata guna lahan dapat memengaruhi kondisi hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Konversi hutan menjadi lahan pertanian cenderung meningkatkan aliran permukaan dan erosi tanah, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya banjir dan sedimentasi (Khasanah, A. N., & Miardini, A. (2020; Ariwibowo, M. L. et al., 2017) selanjutnya dapat mengancam kesehatan DAS (Anggraheni et al., 2022; Fadlin et al., 2022; MW Sujarwo, et al., 2020). Perubahan penutupan lahan juga memengaruhi debit puncak sungai (Auliyani, D. 2018). Alih fungsi lahan ini menjadi problem yang terjadi di banyak DAS di Indonesia, termasuk Sub DAS Mandar. Seiring bertambahnya jumlah penduduk di wilayah ini yang berkonsekwensi pada peningkatan kebutuhan pangan masyarakat, kemudian berdampak pada akses lahan hutan menjadi lahan pertanian semakin tinggi.

Berdasarkan hasil interpretasi data *Citra Shuttle Radar Topography Mission 2009* penggunaan lahan wilayah DAS Mandar menunjukkan adanya peningkatan pertanian lahan kering campuran dan semak belukar sebesar 25,647 ha (40,29%) dibandingkan penggunaan lahan hutan primer dan sekunder yaitu 245,78 ha (0,39%) dan 15,813 ha (24,8%). Upaya mengatasi hal tersebut adalah melalui sistem agroforestri. Kombinasi tanaman kehutanan dan pertanian berkontribusi dalam meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah (Sarminah et al., 2019) sehingga dapat mengurangi limpasan permukaan dan erosi (Auliyani, D. 2018).

Agroforestri merupakan sistem pemanfaatan lahan secara optimal, karena mengkombinasikan tanaman kehutanan dan pertanian dalam waktu bersamaan atau bergiliran pada suatu periode tertentu. Melalui system ini diharapkan dapat terbentuk interaksi ekologi, sosial, dan ekonomi sehingga dapat meningkatkan perekonomian petani (Rendra et al, 2016). Manfaat ekologi sistem agroforestry, menciptakan keanekaragaman hayati tanah, kaya bahan organik mendorong kehidupan mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Sistem agroforestry dapat menyehatkan tanah (Dollinger, J., & Jose, S. 2018) karena kombinasi pohon kehutanan dan tanaman pertanian meningkatkan bahan organik, mencegah erosi melalui sistem akar yang kuat, serta mempertahankan kelembapan dan struktur tanah yang gembur. Selain meningkatkan aerasi tanah dengan memperbaiki sirkulasi udara, akar pohon juga berfungsi mendaur ulang unsur hara yang terdapat di lapisan tanah bagian dalam, juga menciptakan lingkungan mikroba yang subur (Yuwono, N. W. 2026).

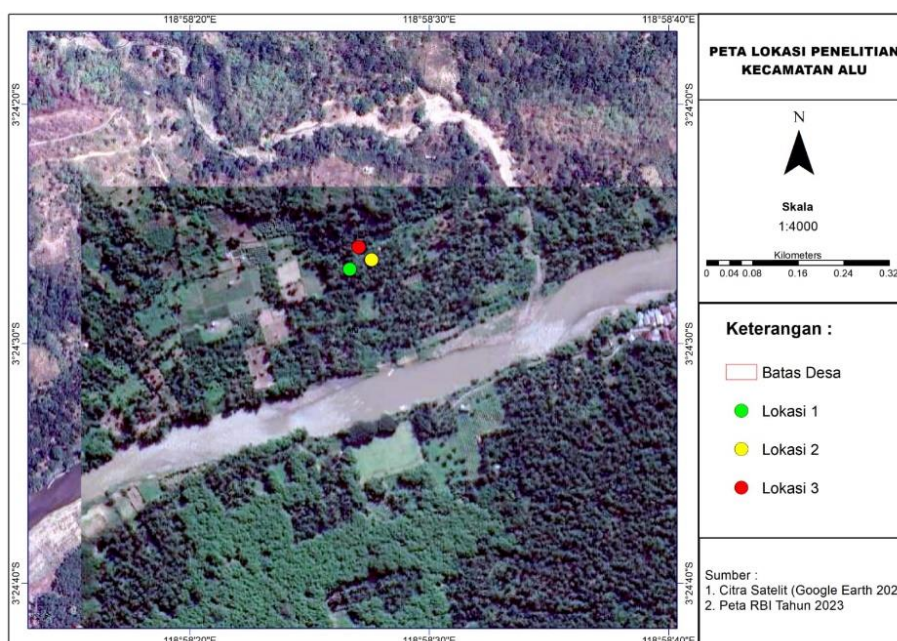
Studi terdahulu telah memperlihatkan peranan agroforestri dalam meningkatkan infiltrasi, namun masih kurang dalam mengkaji kombinasi jenis tanaman perkebunan dan kehutanan yang

paling efektif dalam meningkatkan laju infiltrasi di suatu kawasan DAS. Sebagian besar masyarakat yang bertempat tinggal di Kawasan sub-DAS Mandar khususnya di Desa Alu, telah banyak melakukan pratik-praktik penggunaan lahan agroforestry yaitu mengkombinasi tanaman pertanian dan kehutanan.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis bagaimana kombinasi jenis tanaman pertanian dan kehutanan pada sistem agroforestri memengaruhi laju infiltrasi di Sub DAS Mandar. Ada tiga tipe penutupan lahan agroforestri yang akan diukur, yaitu sengon (*Falcataria mollucana*) dengan kopi (*Coffea*), jati putih (*Gmelina arborea*) dengan kopi (*Coffea*), dan jati putih (*Gmelina arborea*) dengan gamal (*Gliricidia sepium*).

2. METODOLOGI

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan pada tiga tipe kombinasi penutupan, yaitu: sengon + kopi, jati putih + kopi, dan jati putih + gamal menggunakan double ring infiltrometer. Dilakukan dalam kondisi tanah kering. Analisis sifat fisik dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Universitas Hasanuddin. Dilakukan dalam keadaan tanah kering. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat penelitian adalah double ring infiltrometer, ring sampel, mistar, kayu, stopwatch, palu (bodem), ember, gayung (timba), plastik sampel, alat tulis, linggis, dan tally sheet. Adapun bahan yang digunakan air, sampel tanah utuh dan terganggu.

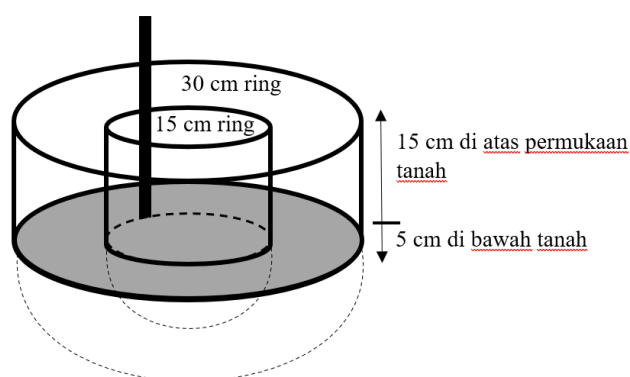
2.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang diuraikan sebagai berikut:

2.2.1 Sampel Tanah

Sampel tanah, baik dalam kondisi utuh maupun terganggu, diambil dari tiga variasi tutupan lahan agroforestri, yaitu sengon + kopi, jati putih + kopi, serta jati putih + gamal. Untuk mendapatkan gambaran yang akurat mengenai kondisi riil di lapangan, sampel tanah utuh diambil dari lapisan atas tanpa merusak strukturnya. Sampel ini menjadi dasar dalam menganalisis karakteristik fisik tanah, seperti berat volume (*bulk density*), permeabilitas, dan porositas. Oleh karena itu, ketepatan teknik pengambilan sampel di lapangan menjadi tahapan krusial agar hasil pengujian laboratorium benar-benar representatif.

Sementara itu, sampel tanah terganggu diambil dari lapisan atas menggunakan sekop untuk keperluan analisis laboratorium. Sampel jenis ini nantinya digunakan untuk menguji parameter tekstur tanah serta kandungan bahan organik di dalamnya. Tekstur tanah dianalisis menggunakan metode pipet, C-organik dengan metode analisis Walkley & Black, permeabilitas dengan metode *Falling Head*, porositas dengan metode gravimetri setelah mengetahui *bulk density* dan *partikel density*. *Bulk density* diketahui dengan metode cincin silinder (*Ring Sample/Core Method*), wajib menggunakan sampel tanah utuh (*undisturbed*) agar struktur ruang porinya tidak berubah. *Partikel density* menggunakan metode piknometer menggunakan sampel tanah terganggu (*disturbed/hancur*) yang diayak menggunakan ayakan 2 mm karena tujuannya hanya mengukur berat jenis butiran padat tanah tanpa ruang pori (Siahaan, R. C., & Kusuma, Z. 2021).



Gambar 2. Sketsa Double Ring Infiltrrometer

2.2.2 Prosedur Pengukuran Laju Infiltrasi

Merujuk pada Gambar 2, pengukuran laju infiltrasi dimulai dengan membersihkan area sekitar lokasi pengamatan dan menyiapkan lubang silinder. Langkah berikutnya adalah menancapkan ring dalam (berukuran kecil) secara tegak lurus hingga kedalaman ± 5 cm menggunakan balok

kayu dan palu. Setelah ring dalam terpasang, ring luar (berukuran besar) dipasang secara konsentris (sepusat) mengelilingi ring pertama dengan prosedur yang sama. Air secukupnya, *stopwatch*, dan alat tulis kemudian dipersiapkan sebelum pengukuran dilakukan. Ring luar diisi air terlebih dahulu hingga mencapai batas tinggi infiltrometer untuk mencegah terjadinya aliran lateral, kemudian ring dalam juga diisi air. Setelah beberapa saat, permukaan air pada ring akan mengalami penurunan yang selanjutnya diamati dan dicatat sebagai dasar pengukuran laju infiltrasi.

2.3 Metode Analisis Data

Pengukuran laju infiltrasi dihitung dengan menggunakan rumus Horton (Irawan, T., & Yuwono, S. B. 2016).

$$f = \frac{\Delta H}{\Delta t} \times 60$$

Keterangan:

f : Laju infiltrasi (cm/jam)

ΔH : Tinggi penurunan air dalam selang waktu tertentu (cm)

Δt : Waktu (menit)

Kemudian data diolah menggunakan model persamaan infiltrasi Horton berikut ini:

$$f = fc + (f_0 - fc)e^{-kt}$$

Keterangan:

f : laju infiltrasi (cm/jam)

f_0 : laju infiltrasi awal (cm/jam)

fc : laju infiltrasi konstan (cm/jam)

t : waktu (menit)

K : konstanta geofisik

e : 2,718 atau 2,72

Beberapa parameter yang digunakan dalam persamaan Horton adalah:

a. Nilai K

Konstanta K diperoleh dengan menggunakan persamaan umum linier,

$$y = m + c$$

$$y = tc = \log(f - fc)$$

$$m = \frac{-1}{k \log e}$$

$$c = \frac{-1}{k \log e} \log(f_0 - fc)$$

Menggunakan Persamaan:

$$m = \frac{-1}{k \log e} \text{ atau } k = \frac{-1}{m \log e}$$

Dimana m adalah gradien yang diperoleh dari plotting hubungan antara infiltrasi lapang/aktual (f) (cm/jam) dengan log (f-fc) (cm/jam) (digunakan Ms. Excel 2010), sehingga diperoleh nilai persamaan linier regresi ($y = mx + c$)

- b. Nilai fc adalah nilai infiltrasi saat mencapai keadaan konstan.
- c. Nilai f0 adalah nilai infiltrasi dalam keadaan awal.
- d. Pengukuran dihitung setiap interval 10 menit hingga air mencapai titik jenuh.

Data hasil pengukuran diolah secara statistik menggunakan analisis *correlations pearson* dengan bantuan software Microsoft Excel dan SPSS dengan rumus:

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n XY - \sum_{i=1}^n Xx \sum_{i=1}^n Y}{\sqrt{[n (\sum_{i=1}^n X^2) - (\sum_{i=1}^n X)^2][n (\sum_{i=1}^n Y^2) - (\sum_{i=1}^n Y)^2]}}$$

Keterangan:

R : Koefisien korelasi *pearson*

n : Jumlah data

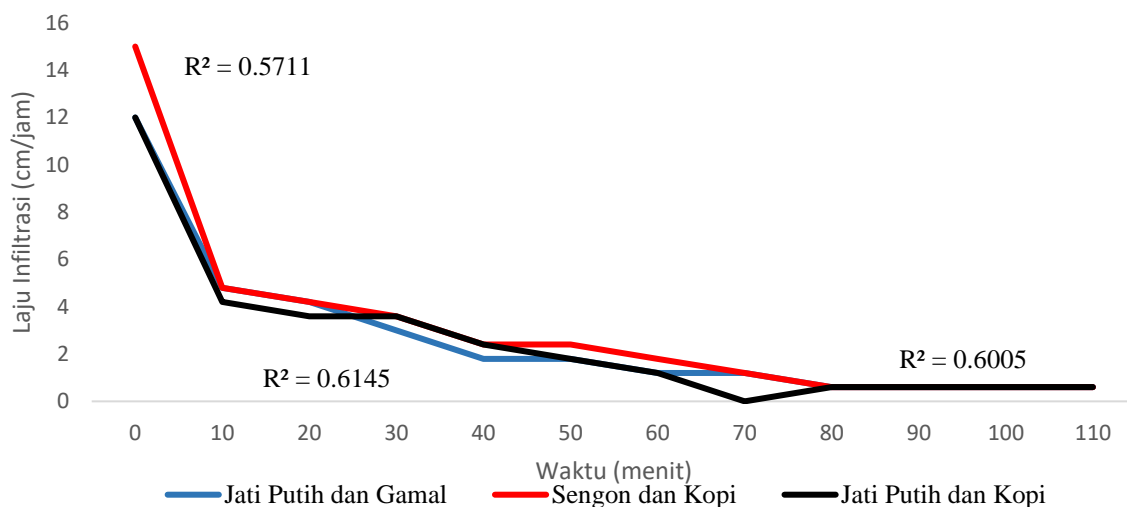
X : Variabel X

Y : Variabel Y

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Laju Infiltrasi pada Tiga Kombinasi Tanaman Kehutanan dan Pertanian

Hasil pengukuran laju infiltrasi pada kombinasi vegetasi sengon + kopi, jati putih + kopi, dan jati putih + gamal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Model Horton

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa laju infiltrasi di awal pengukuran cenderung tinggi karena kondisi tanah yang belum jenuh air. Pada menit pertama, kombinasi vegetasi jati putih + gamal dan jati putih + kopi mencatat nilai infiltrasi yang sama sebesar 12 cm/jam, sementara kombinasi sengon + kopi mencapai 15 cm/jam. Laju ini menyusut pada menit ke-10, di mana vegetasi jati putih + gamal dan sengon + kopi turun ke angka 4,8 cm/jam, sedangkan jati putih + kopi menjadi 4,2 cm/jam. Memasuki menit ke-20, laju infiltrasi terus melandai; kombinasi jati putih + gamal serta sengon + kopi berada di angka 4,2 cm/jam, sementara jati putih + kopi menyentuh 3,6 cm/jam.

Penurunan nilai kecepatan infiltrasi ini secara umum dikendalikan oleh karakteristik tanah dan intensitas curah hujan. Secara mekanis, gaya gravitasi menarik air masuk lewat permukaan tanah untuk mengisi ruang-ruang pori sebelum akhirnya bergerak lebih dalam sebagai perkolasi. Seiring tanah beralih ke kondisi setengah jenuh, gaya kapiler tanah akan melemah sehingga kapasitas infiltrasinya menurun (Wahyuni et al., 2019). Begitu seluruh pori tanah terisi penuh, laju infiltrasi akan berkurang secara bertahap hingga mencapai titik konstan.

Gambar 3 mengilustrasikan dinamika penurunan kurva infiltrasi pada ketiga tutupan lahan yang melandai secara gradual menuju titik konstan. Walaupun besaran nilai infiltrasi antar tutupan lahan relatif mirip, perbedaan waktu yang diperlukan untuk mencapai laju konstan menjadi faktor penentu kapasitas infiltrasi. Yunagardasar et al. (2017) menyatakan bahwa jika volume curah hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, laju infiltrasi akan mengikuti volume hujan tersebut. Sebaliknya, bila curah hujan melampaui kapasitas infiltrasi, laju peresapan justru menurun akibat kejenuhan tanah.

Di sisi lain, kapasitas infiltrasi yang optimal berfungsi mempertahankan ketersediaan air tanah dan mereduksi limpasan permukaan (*runoff*) penyebab erosi. Wibowo (2012) menjelaskan bahwa berat volume air di lapisan atas akan terus mendesak air di bawahnya untuk masuk lebih dalam, kecuali jika tanah sudah jenuh penuh. Penurunan laju infiltrasi seiring waktu ini disebabkan oleh ruang pori tanah yang makin jenuh serta penyumbatan rongga oleh partikel tanah halus (sedimen lembut) yang membatasi pergerakan air.

Berdasarkan data rata-rata pada Tabel 1, kombinasi sengon + kopi mencatat laju infiltrasi tertinggi dibandingkan dengan tipe jati putih + kopi dan jati putih + gamal. Hasil ini selaras dengan studi Nurfadilah et al. (2025) yang mengategorikan kemampuan peresapan air pada tegakan sengon ke dalam kelas cepat.

Tabel 1. Nilai rata-rata kapasitas infiltrasi dan persamaan infiltrasi pada tutupan vegetasi jati putih + gamal, sengon + kopi, jati putih + kopi.

Vegetasi	Persamaan Infiltrasi Model Horton	Nilai Rata-Rata Laju Infiltrasi (cm/jam)
Jati Putih + Gamal	$f = 0,6 + (11.4e^{-0.041t})$	11,69 cm/jam
Sengon + Kopi	$f = 0,6 + (14.4e^{-0.037t})$	14,65 cm/jam
Jati Putih + Kopi	$f = 0,6 + (11.4e^{-0.039t})$	11,71 cm/jam

Hal ini diduga karena sengon sebagai tanaman kehutanan memiliki sistem perakaran yang lebih dalam dan lebih kompleks sehingga dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas tanah. Hal ini dibuktikan berdasarkan hasil analisis sifat fisik menunjukkan nilai porositas tanah pada kombinasi vegetasi sengon+kopi sebesar 49% dan permeabilitasnya 12,3 cm/jam lebih besar jika dibandingkan 2 kombinasi vegetasi lainnya.

Struktur strata tajuk yang dibentuk oleh kombinasi vegetasi sengon+kopi mampu melindungi permukaan tanah dari hantaman langsung air hujan. Selain itu, kompleksitas komposisi perakaran dari kedua tanaman ini turut membuka rongga-rongga tanah menjadi lebih lebar. Pohon sengon dewasa memiliki akar tunggang yang berpenetrasi sangat dalam hingga mencapai panjang 28 meter (2.899,9 cm). Kuantitas akar sengon ini terus meningkat seiring bertambahnya usia pohon, di mana proporsi akar tersier pada usia 6 bulan saja sudah mencapai 50% dari total perakaran (Rusdiana et al., 2000). Di samping itu, sistem akar serabutnya menyebar secara lateral untuk menyerap air dan nutrisi. Karakteristik perakaran tersebut tidak hanya krusial untuk menopang batang, melainkan juga berperan dalam menjaga stabilitas tanah di area miring serta mereduksi risiko erosi (Hani & Geraldine, 2019). Keunggulan lain dari akar sengon adalah keberadaan nodul akar dalam jumlah banyak yang mampu menambat nitrogen guna meningkatkan kesuburan tanah (Purba & Prasetya, 2021).

Sementara itu, tanaman kopi memiliki sistem perakaran serabut yang efektif membuka pori-pori tanah pada lapisan atas (*topsoil*). Kondisi ini memudahkan air hujan meresap dan mengalir secara vertikal (perkolasi) menembus horizon tanah, yang pada gilirannya akan mengisi cadangan air tanah dan menjaga stabilitas debit Daerah Aliran Sungai (DAS). Keberadaan pori tanah yang besar pada sistem agroforestri sengon + kopi secara nyata meningkatkan kapasitas peresapan air ke dalam tanah (Hidayat et al., 2020). Secara umum,

perakaran tanaman cenderung meningkatkan porositas dan memantapkan agregat struktur tanah (Irawan, 2016), yang kemudian berdampak positif pada perbaikan permeabilitas tanah dalam meloloskan air (Susanawati et al., 2019).

Faktor penentu lain pada kombinasi sengon + kopi adalah kandungan fraksi pasirnya 35% lebih tinggi dibandingkan dua tipe tutupan lahan lainnya. Tekstur tanah yang didominasi pasir memiliki ruang pori makro yang lebih banyak, sehingga memberikan kapasitas maksimum dalam meloloskan air (Agustina et al., 2012; Sarminah, 2017; Fajeriana & Risal, 2023). Oleh karena itu, kapasitas infiltrasi pada tanah bertekstur pasir jauh lebih besar daripada tanah bertekstur liat (Achmad, 2011; Sonora et al., 2022). Sebaliknya, laju infiltrasi yang lebih rendah pada kombinasi jati putih + kopi dan jati putih + gamal dipicu oleh tingginya nilai berat volume (*bulk density*). Hal ini sejalan dengan teori bahwa peningkatan nilai *bulk density* akan diikuti oleh penurunan laju infiltrasi tanah, dan begitu pula sebaliknya (Irawan & Yuwono, 2016).

3.2 Karakteristik Sifat Fisik Tanah dan Laju infiltrasi

Hasil analisis sifat fisik tanah pada ketiga kombinasi vegetasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Sifat Fisik Tanah pada 3 Kombinasi Vegetasi

Sifat fisik	Jenis Kombinasi Vegetasi		
	Jati Putih+Gamal	Jati Putih+Kopi	Sengon+Kopi
Pororsitas (%)	45	46	49
Permeabilitas (cm/jam)	3,3	5,3	12,3
Bahan Organik (%)	2,05	2,86	1,85
Partikel Density (g/cm ³)	2,49	2,66	2,52
Bulk Density (g/cm ³)	1,36	1,43	1,28
Tekstur	Pasir(%)	30	34
	Debu(%)	37	30
	liat(%)	33	36
Rata-rata Laju Infiltrasi (cm/jam)	11,69	11,71	14,69

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada kombinasi penutupan sengon + kopi secara signifikan dipengaruhi oleh faktor porositas dan permeabilitas tanah. Kedua parameter tersebut menunjukkan korelasi linear positif, di mana peningkatan nilai porositas dan

permeabilitas akan diikuti oleh laju infiltrasi yang semakin besar. Permeabilitas sendiri merepresentasikan kapasitas tanah dalam mengalirkan atau meloloskan air. Banyak faktor yang mengontrol tingkat permeabilitas ini, meliputi tekstur, struktur, porositas, hingga kandungan bahan organik tanah. Menurut Andiba (2017), permeabilitas tanah dapat meningkat apabila terjadi agregasi yang membentuk struktur remah, terbentuknya saluran makro akibat dekomposisi akar tanaman, tingginya kadar bahan organik, serta besarnya persentase porositas tanah.

Di sisi lain, porositas tanah mencerminkan kapasitas ruang pori untuk dilewati oleh aliran air atau kecepatan air dalam menembus massa tanah (Firmanda, 2021). Kombinasi vegetasi sengon dan kopi mencatat nilai porositas tertinggi, yaitu sebesar 49%. Tingginya porositas pada tipe tutupan ini dipicu oleh sistem perakaran pohon sengon yang luas dan dalam. Selain didukung oleh akar tunggang, pohon sengon memiliki perakaran halus yang berkembang secara lateral di lapisan permukaan tanah. Integrasi kedua tipe akar ini efektif membuka pori-pori tanah menjadi lebih longgar, sehingga mempermudah air hujan untuk meresap ke dalam tanah. Lebih lanjut, akar tunggang sengon mampu menembus lapisan tanah yang lebih dalam, sehingga mempercepat laju perkolasi setelah air melewati proses infiltrasi di lapisan permukaan (*topsoil*). Kompleksitas sistem perakaran sengon ini menciptakan jaringan saluran di dalam tanah. Saat akar-akar tersebut mati dan terdekomposisi, ruang kosong yang ditinggalkan secara nyata berkontribusi dalam meningkatkan porositas makro. Selain faktor mekanis akar, akumulasi serasah daun dan bahan organik dari pohon sengon turut memicu peningkatan aktivitas biologis tanah. Aktivitas makrofauna seperti cacing tanah serta mikroorganisme dalam merombak bahan organik ini menciptakan pori-pori baru yang pada gilirannya mengoptimalkan nilai porositas dan permeabilitas tanah (Nasution et al., 2024).

Bulk density dan laju infiltrasi memiliki hubungan berkebalikan, Jika nilai *bulk density* rendah maka nilai laju infiltrasi akan meningkat demikian sebaliknya. (Azizah, N. 2024; Delima, D et al., 2018; Arfan et al., 2012). Nilai *bulk density* yang rendah pada sengon dan kopi disebabkan oleh pengaruh akar. Sistem perakaran sengon sangat ekstensif dan agresif. Sengon termasuk jenis *fast growing*. Untuk menopang pertumbuhan yang cepat ini sengon mengembangkan sistem perakaran lateral (*samping*) yang sangat luas, padat, dan bercabang-cabang di lapisan atas tanah (*topsoil*). Akar-akar sengon yang aktif tumbuh akan menerobos matriks tanah lempung berliat, menciptakan jaringan pori makro biologis (*biopori*) yang sangat banyak. Ketika akar-akar halus ini tumbuh dan bergeser, dapat melonggarkan partikel tanah

secara mekanis. Tanah menjadi sangat remah dan memiliki porositas tinggi sehingga *bulk density* rendah. Oleh karenanya *bulk density* yang rendah ini murni karena aktivitas mekanis penetrasi akar, bukan karena mediasi dari bahan organik.

Pada penutupan sengon, ditemukan anomali berupa nilai bahan organik rendah namun diikuti oleh nilai *bulk density* yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan struktur fisik tanah pada tegakan sengon tidak dipacu secara langsung oleh akumulasi kuantitas bahan organik, melainkan oleh faktor biologis aktivitas akar sengon yang agresif dan makrofauna tanah. Serasah sengon yang kaya nitrogen mengalami dekomposisi cepat (*high turnover*), sehingga tidak terakumulasi sebagai Bahan Organik Tanah (BOT) di laboratorium, namun aktivitas bioturbasi yang menyertainya berhasil menciptakan pori makro biologis yang melimpah dan menurunkan nilai *bulk density* pada kombinasi sengon dan kopi.

Pada jati putih dan kopi juga ditemukan anomali berupa bahan organik tinggi namun diikuti *bulk density* tinggi. Fraksi liat yang besar pada kombinasi jati putih dan kopi memiliki kemampuan mengikat bahan organik dengan sangat kuat (membentuk kompleks organo-mineral). Karena diikat kuat oleh liat, bahan organik ini terproteksi dari mikroorganisme penambat struktur dan dekomposisi lanjut. Artinya, karbonnya terdeteksi tinggi di laboratorium, tetapi secara fisik bahan organik tersebut belum sempat membentuk agregat tanah yang remah dan berpori besar. Serasah jati yang kasar, bentuk daunnya lebar dan kaya lignin membuat serasah jati membutuhkan waktu lebih lama untuk terdekomposisi sempurna secara biologi dan untuk menyatu dengan tanah lempung berliat. Sebelum serasah itu berubah menjadi humus halus yang bisa menggemburkan tanah. Serasah menumpuk di atas matriks tanah lempung berliat yang dasarnya sudah padat.

Karakteristik tanah lempung berliat sangat peka terhadap fluktuasi kandungan air. Ketika pohon jati meranggas total pada musim kemarau, permukaan tanah menjadi terbuka sehingga memicu kehilangan air secara drastis melalui proses evaporasi. Tanah lempung berliat akan menyusut (*shrink*) dan membentuk rekahan besar, namun blok-blok tanah di antara rekahan tersebut menjadi sangat keras dan padat (pejal). Saat musim hujan air masuk, tanah mengembang (*swell*) dan menutup rekahan, tetapi karena massanya yang berat dan kohesif, tanah tersebut kembali ke kondisi padat dengan porositas makro yang rendah. Fluktuasi ini memicu pemadatan alami (*natural compaction*) yang menjaga nilai *bulk density* tetap tinggi.

Nilai BOT tinggi pada penutupan jati putih dan kopi merupakan cerminan dari kuantitas input serasah di permukaan (potensi organik), sedangkan nilai *bulk density* yang tinggi

mencerminkan kondisi aktual struktur mekanis tanah bawah yang dipengaruhi oleh faktor tekstur (dominasi liat), dekomposisi yang belum matang, atau adanya pemadatan (*compaction*) di area lantai tegakan jati putih tersebut.

3.3 Analisis Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Laju Infiltrasi

Hasil analisis korelasi *Pearson* terhadap karakteristik fisik tanah pada ketiga kombinasi vegetasi menunjukkan tingkat hubungan antara sifat fisik tanah dengan laju infiltrasi. Nilai dan keeratan hubungan antar parameter tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Korelasi Sifat Fisik Tanah terhadap Laju Infiltrasi

Variabel X-Variabel Y	Koefisien Korelasi	Keterangan
<i>Bulk Density</i> -Laju Infiltrasi	-0,882	Negatif kuat
<i>Particle Density</i> -Laju Infiltrasi	-0,344	Negatif sedang
Porositas-Laju Infiltrasi	0,972	Positif sangat kuat
Permeabilitas-Laju Infiltrasi	0,979	Positif sangat kuat
Bahan C Organik-Laju Infiltrasi	-0,649	Negatif kuat
Fraksi Pasir-Laju Infiltrasi	0,659	Positif kuat
Fraksi Debu-Laju Infiltrasi	0,234	Positif lemah
Fraksi Liat-Laju Infiltrasi	-0,863	Negatif kuat

Berdasarkan hasil analisis *correlations person*, diperoleh nilai koefisien korelasi (r) untuk variabel permeabilitas sebesar 0,979, porositas sebesar 0,972, dan fraksi pasir sebesar 0,659 terhadap laju infiltrasi. Nilai r yang mendekati angka 1 pada variabel permeabilitas dan porositas menunjukkan adanya hubungan linear positif yang sangat kuat dan searah. Sementara itu, variabel fraksi pasir menunjukkan hubungan linear positif yang berada pada kategori kuat. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan nilai permeabilitas, porositas, dan persentase fraksi pasir di dalam tanah akan diikuti oleh peningkatan laju infiltrasi air secara signifikan.

Hubungan searah antara permeabilitas dan laju infiltrasi menunjukkan bahwa tingkat kemudahan tanah mengalirkan fluida berbanding lurus dengan laju air yang masuk. Semakin tinggi permeabilitas, semakin cepat pula air menembus profil tanah (Nurfadilah, A et al., 2025). Permeabilitas memiliki nilai korelasi tertinggi ($r = 0,979$), yang berarti kemampuan tanah dalam mengalirkan air menjadi faktor paling penentu dalam proses infiltrasi. Secara fisis, ketika kemampuan tanah untuk meloloskan air tinggi, air permukaan tidak akan tertahan di lapisan

atas melainkan langsung dialirkan ke lapisan bawah secara cepat, sehingga menciptakan laju infiltrasi yang sangat tinggi.

Korelasi positif yang kuat membuktikan bahwa tingginya porositas (ruang pori total) memberikan kapasitas tampung sementara yang lebih besar bagi air hujan atau limpasan permukaan untuk diresapkan ke dalam tanah (Brasil, J, et al., 2026; Halawa, L. S. W, et al., 2026). Porositas tanah menunjukkan korelasi positif sangat kuat sebesar 0,972. Hubungan ini menjelaskan bahwa ketersediaan ruang pori (baik pori makro maupun mikro) yang tinggi di dalam tanah memberikan kapasitas ruang yang besar bagi air untuk masuk. Semakin banyak rongga kosong di dalam matriks tanah, semakin besar volume air yang dapat diresap per satuan waktu.

Tanah dengan fraksi pasir yang dominan memiliki ruang antarbutir (pori-pori makro) yang besar. Tekstur ini sangat mendukung pergerakan air vertikal, sehingga air lebih mudah masuk ke dalam lapisan tanah (Kodoatie, R. J. 2021). Fraksi pasir memiliki korelasi positif kuat ($r = 0,659$). Hal ini sejalan dengan teori tekstur tanah, di mana pasir memiliki ukuran partikel yang paling besar dibandingkan debu dan liat. Dominasi pasir membentuk struktur pori makro yang tidak saling mengikat kuat (remah/gembur), sehingga memberikan jalur (lorong) yang memudahkan air untuk bergerak vertikal ke dalam tanah. Secara hidrologis, ketiga variable permeabilitas, porositas dan fraksi pasir saling mendukung pembentukan struktur tanah yang gembur dan porous. Kondisi ini sangat baik untuk meminimalkan limpasan permukaan (*surface runoff*).

Vegetasi sengon dapat memperbaiki struktur tanah (Setiarno, S et al., 2023). Akar-akar pohon membantu mengikat partikel-partikel tanah, membentuk agregat yang lebih stabil. Agregat ini menciptakan ruang pori yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas. Tajuk pohon sengon dengan bentuk daunnya yang kecil-kecil dapat memecahkan partikel hujan menjadi partikel lebih kecil yang dapat menurunkan energi kinetik hujan. Hal ini dapat mengurangi pemadatan tanah dan erosi, Proses erosi (terutama erosi percikan atau *splash erosion*) dimulai ketika butiran air hujan menghantam permukaan tanah terbuka dengan energi kinetik yang tinggi. Pukulan air hujan ini menghancurkan agregat atau gumpalan tanah alami menjadi partikel-partikel tunggal yang jauh lebih halus (seperti lempung/liat dan debu) (Maruapey, A et al., 2026). Partikel-partikel halus yang telah lepas kemudian terhanyut oleh limpasan permukaan yang tipis. Ketika air meresap ke dalam tanah

melalui pori-pori makro, partikel halus tersebut ikut terbawa dan mengendap di dalam rongga tanah. Fenomena ini dikenal sebagai penyumbatan pori mekanis (*pore clogging*).

Daunnya yang berukuran kecil menjadi sumber serasah yang mudah terdekomposisi selanjutnya akan membentuk lapisan humus di permukaan tanah. Lapisan humus dapat menjaga mempertahankan kelembaban, yang selanjutnya mendukung aktivitas biologis tanah dan pembentukan agregat tanah yang stabil.

Siklus hidrologi di suatu kawasan sangat bergantung pada efektivitas proses infiltrasi (Tamod, C. J et al., 2020), di mana kapasitas peresapan ini bervariasi menurut jenis tata guna lahannya. Dari total air yang jatuh ke permukaan, sebagian mengalami infiltrasi ke dalam tanah, sebagian dimanfaatkan vegetasi dalam proses transpirasi, dan sebagian lagi mengalir secara gradual menuju sistem sungai (Pratiwi et al., 2021).

Variasi laju infiltrasi yang ditemukan di antara tipe tutupan lahan agroforestri ini mengindikasikan bahwa komposisi vegetasi memiliki pengaruh signifikan terhadap kapasitas peresapan air ke dalam tanah. Temuan tersebut memperkuat hasil-hasil studi terdahulu yang menegaskan bahwa implementasi sistem agroforestri efektif dalam meningkatkan kemampuan infiltrasi air tanah (Soeprbowati, T et al., 2020; Auliyani, D. 2018; Ianah, I. 2019).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi tanaman agroforestri berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Kombinasi sengon + kopi memiliki laju infiltrasi tertinggi dibandingkan kombinasi jati putih + gamal, jati putih + kopi. Komposisi sengon dan kopi sangat efektif untuk dikembangkan sebagai tanaman agroforestry. Hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis untuk pengelolaan DAS, khususnya dalam memilih kombinasi tanaman agroforestri yang dapat meningkatkan infiltrasi. Karenanya dapat direkomendasikan sebagai salah satu pilihan model agroforestri yang efektif untuk mengurangi limpasan permukaan dan erosi di wilayah Daerah Aliran Sungai khususnya wilayah Sub-DAS Mandar.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad (2011). Buku Ajar Hidrologi Teknik. Hibah Penulisan Buku Ajar bagi Tenaga Akademik: Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Agustina, D., D. L. Setyowati, Sugiyanto, (2012). Analisis Kapasitas Infiltrasi pada Beberapa Penggunaan Lahan di Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Jurnal Geo Image*. 1 (1): 92-95.

- Andiba, F. (2017). Pengaruh Teknik Konservasi Tanah dan Air Terhadap Permeabilitas Tanah dan Kadar Air lapang Serta Aliran Permukaan dan Erosi. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Anggraheni, E., Sutjiningsih, D., Mulyono, B. H., Guswanto, Ningrum, I. A., & Yahya, D. M. (2022). Pengaruh Sebaran Spasial Hujan terhadap Pemilihan Metode Hujan Wilayah Berbasis Analisis Geospasial. In *Jurnal Teknik Sumber Daya Air* (p. 81). <https://doi.org/10.56860/jtsda.v2i2.41>
- Arfan, Halidin dan Pratama Abraham (2012). Model Eksperimen Pengaruh Kepadatan, Intensitas Curah Hujan Dan Kemiringan Terhadap Resapan Pada Tanah Organik. *Bulletin of Scientific Contribution*. 6 (1): 122-125.
- Ariwibowo, M. L., Suripin, S., & Atmojo, P. S. (2017). Aplikasi Penginderaan Jauh dan EPA-SWMM untuk Simulasi Debit Banjir Akibat Perubahan Lahan Sub DAS Banjaran. *Teknik*, 38(2), 119-125. <https://doi.org/10.14710/teknik.v38i2.13804>
- Auliyani, D. (2018). Analysis of land cover change and its impact on peak discharge in Jelap Sub-Watershed, Sintang District. In *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol. 16, No. 1, p. 61. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.61-67>
- Azizah, N. (2024). Analisis Laju Infiltrasi Pada Kebun Jeruk (*Citrus Maxima*) dan Hutan Sekunder di Daerah Aliran Sungai Segeri= Analysi Of Infiltration Rate In Orange Grove (*Citrus maxima*) And Secondary Forest In The Segeri Watershed (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Brasil, J., Papagiannakis, A. T., Johnson, D. W., Gomes Jr, M. N., & Giacomoni, M. H. (2026). Field Scale Test Bed for Assessment of the Surface Runoff and Water Quality Performance of Permeable Pavements. *Journal of Hydrologic Engineering*, 31(4), 04026014.
- Delima, D., Akbar, H., & Rafli, M. (2018). Tingkat Laju Infiltrasi Tanah pada DAS Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Agrium*, 15(1), 17-28.
- Dollinger, J., & Jose, S. (2018). Agroforestry for soil health. *Agroforestry systems*, 92(2), 213-219. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>
- Fadlin, F., Thaha, M. A., Maricar, F., & Hatta, M. P. (2022). Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Sentinel 1 di DAS Wanggu Kota Kendari. In *Jurnal Teknik Sumber Daya Air* (Vol. 1, Issue 2, p. 77). <https://doi.org/10.56860/jtsda.v1i2.5>
- Fajeriana, N., & Risal, D. (2023). Peningkatan Pemahaman Tentang Potensi Erosi: Erosivitas dan Erodibilitas Dengan Simulasi Hujan Pada Topografi dan Tutupan Lahan yang Berbeda. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 5(1), 64-74.
- Halawa, L. S. W., Halawa, D. D. W., & Ndruru, J. (2026). Pengaruh Tanah Liat Terhadap Penyerapan Air Hujan Pada Tanaman. *Jurnal Ilmu Agroteknologi Indonesia*, 2(1), 21-26.

- Hani, A., & Geraldine, L. P. (2019). Pertumbuhan Awal Tanaman Penyusun Agroforestri Sengon (*Falcataria mollucana*) + Manglid (*Magnolia champaca*)-Rumput Pakan Ternak pada Umur Sembilan Bulan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(4), 343-349.
- Hidayat, A., Badaruddin, B., & Yamani, A. (2020). Analisis laju dan besarnya volume infiltrasi pada berbagai tutupan lahan di daerah aliran sungai (DAS) Maluka. *Jurnal Sylva Scientiae*, 2(5), 785-791.
- Ianah, I. (2019). Analisis Inkonsistensi Penggunaan Lahan di Kawasan Lindung DAS Cisadane. In *Jurnal Ilmu Lingkungan* (Vol. 17, Issue 3, p. 416). Diponegoro University. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.416-424>
- Irawan, T., & Yuwono, S. B. (2016). Infiltrasi Pada Berbagai Tegakan Hutan Di Arboretum Universitas Lampung (Infiltration Onvarious Forest Stands In The Arboretum University Of Lampung). *Jurnal Sylva Lestari ISSN*, 4(3), 21-34.
- Irawan, T., & Yuwono, S. B. (2016). Infiltrasi Pada Berbagai Tegakan Di Arboretum Universitas Lampung. *Sylva Lestari*. 4 (3): 21-34.
- Khasanah, A. N., & Miardini, A. (2020). Fuzzy Analytic Hierarchy Process Berbasis Morfometri Untuk Prioritas Penanganan Erosi Di Sub Daerah Aliran Sungai Oyo (Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based on Watershed Morphometry for Erosion Priority Mapping in Oyo Sub Watershed). *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 4(1), 63-78. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2020.4.1.63-78>.
- Kodoatie, R. J. (2021). *Tata ruang air tanah*. Penerbit Andi.
- Maruapey, A., Haumahu, J. P., Eso, R., Kunu, P. J., Silahooy, C., Siregar, A., ... & Luhukay, M. (2026). *Konservasi Tanah Dan Air Untuk Lahan Pertanian*. MMFAST PUBLISHING.
- Nasution, H., Yusfaneti, Y., & Asmadi, S. (2024). Kajian Erosi Andisol Dibawah Vegetasi Tanaman Kopi, Campuran Kopi dan Kayu Manis, Kayu Manis Serta Hutan di Desa Nilau Dingin. *Bulletin of community Engagement*, 4(2), 704-712.
- Nurfadilah, A., Mulyadi, R., Karyati, K., & Karmini, K. (2025). Laju Infiltrasi Dan Permeabilitas Tanah Pada Tegakan Sengon, Semak, Dan Lahan Terbuka. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 24(2), 299-308.
- Pratiwi, Y. E., Kadir, S., & Badaruddin, B. (2021). Analisis Infiltrasi Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Sub DAS Bati-Bati Das Maluka Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*. 4 (5): 928-937.
- Purba, J. M., & Prasetya, B. (2021). Eksplorasi dan identifikasi mikoriza dari berbagai macam vegetasi pada lahan agroforestry. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 369-376.
- Puspasari, R. L. (2017). *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Karakteristik Laju Infiltrasi* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). Cek nama aslinya.
- Ray Firmanda, R. (2021). *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah terhadap Laju Infiltrasi pada Lahan Pertanian di DAS Lesti* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

- Rendra, Sulaksana, dan Alam. (2016). Optimalisasi pemanfaatan system agroforestry sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi tanah longsor. *Bulletin of Scientific Contribution*. 14 (2): 117-126.
- Rusdiana, O., Fakuara, Y., Kusmana, C., & Hidayat, Y. (2000). Respon pertumbuhan akar tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 6(2).
- Sarminah, S. (2017). Infiltration Rate at Several Land Cover in Sangkulirang-Mangkalihat Karst Area of East Kutai Regency. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 16(2), 301-310.
- Sarminah, S., Pasaribu, M., & Aipassa, M. I. (2019). Pendugaan Evapotranspirasi Di Lahan Agroforestri Dan Lahan Terbuka Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Unmul. In *AGRIFOR* (Vol. 18, Issue 2, p. 325). <https://doi.org/10.31293/af.v18i2.4349>
- Setiarno, S., Noviyanti, A., Junaedi, A., Supriyati, W., & Rosdiana, R. (2023). Komposisi Jenis Vegetasi dan Karakteristik Kimia Tanah pada Tapak Tegakan Sengon dan Karet di Desa Gohong, Kabupaten Pulang Pisau. *Hutan Tropika*, 18(1), 45-55.
- Siahaan, R. C., & Kusuma, Z. (2021). Karakteristik Sifat Fisik Tanah dan C Organik pada Penggunaan Lahan Berbeda di Kawasan UB Forest. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 395-405.
- Soeprbowati, T., Suhry, H., & Jumari, J. (2020). Perubahan Tata Guna Lahan Sekitar Danau Galela. *Jurnal Ilmu Lingkungan Учредители: Institute of Research and Community Services Diponegoro University (LPPM UNDIP)*, 18(1), 140-145.
- Sonora, W. E., Harisuseno, D., & Fidari, J. S. (2022). Prediksi Laju Infiltrasi Berdasarkan Porositas Tanah dan Komposisi Tanah. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*. 2 (1): 291-303.
- Sujarwo, M. W., Indarto, I., & Mandala, M. (2020). Pemodelan Erosi dan Sedimentasi di DAS Bajulmati: Aplikasi Soil dan Water Assesment Tool (SWAT). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 218-227.
- Susanawati, L. D., Rahadi, B., & Tauhid, Y. (2019). Penentuan Laju Infiltrasi Menggunakan Pengukuran Double Ring Infiltrometer dan Perhitungan Model Horton pada Kebun Jeruk Keprok 55 (*Citrus Reticulata*) Di Desa Selorejo, Kabupaten Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 5 (2): 28-34.
- Tamod, C. J., Aryanto, R., & Purwiyono, T. T. (2020). Analisis Laju Infiltrasi Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Kaligending, Karangsembung, Jawa Tengah. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 3(2), 76-88.
- Wahyuni, E., Syakur, S., & Khairullah, K. (2019). Karakteristik Sifat Fisika Tanah Terhadap Kapasitas Infiltrasi Di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4 (4): 648-656.

Yunagardasari, C., Paloloang, A. K., & Monde, A. (2017). Model Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Desa Tulo Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian*. 5 (3): 315-323.

Yuwono, N. W. (2026). Tanah Sehat, Biomassa Hebat. *Aizi Literasi Mandiri*.