

Analisis Laju Infiltrasi pada Hutan Pinus (*Pinus merkusii*) dan Hutan Primer di Kabupaten Mamasa

“Analysis of Infiltration Rate in Pine Forest (*Pinus merkusii*) and Primary Forest in Mamasa Regency”

Yogi Andrianto¹, Nurmaranti Alim^{1*}, Muhammad Fahyu Sanjaya¹, Dirhana Purnama¹, Imanuel Jaya Lihu²

¹Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Sulawesi Barat, Majene

²Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Selatan

*Corresponding author's email: nurmaranti.alim@unsulbar.ac.id

| | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Diterima: 12 Mei 2026 | Disetujui: 25 Juni 2026 | Diterbitkan: 30 Juni 2026 |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|

ABSTRAK: Perubahan tutupan vegetasi akibat aktivitas manusia dan pengelolaan hutan berpotensi memengaruhi proses hidrologi, khususnya infiltrasi tanah. Infiltrasi berperan penting dalam menjaga ketersediaan air tanah, mengendalikan limpasan permukaan, dan mencegah erosi. Penurunan kapasitas infiltrasi dapat menyebabkan berkurangnya cadangan air tanah dan meningkatnya risiko banjir di wilayah hulu. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan laju infiltrasi antara Hutan Pinus (*Pinus merkusii*) dan Hutan Primer di Kabupaten Mamasa, Sulawesi Barat, yang merupakan daerah tangkapan air penting di kawasan pegunungan. Penelitian menggunakan pendekatan komparatif deskriptif dengan metode observasi lapangan. Pengukuran infiltrasi dilakukan menggunakan Double Ring Infiltrometer pada masing-masing tiga titik pengamatan di dua tipe tutupan hutan. Data diambil setiap lima menit selama satu jam untuk menentukan laju infiltrasi awal (f_0) dan konstan (f_c) menggunakan persamaan Horton (1940). Analisis dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai infiltrasi aktual antar kedua tipe hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju infiltrasi rata-rata pada Hutan Primer sebesar 95,7 mm/jam, sedangkan pada Hutan Pinus hanya 46,8 mm/jam, dengan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Perbedaan ini dipengaruhi oleh struktur tanah yang lebih remah, kandungan bahan organik lebih tinggi, dan aktivitas biota tanah yang lebih besar pada hutan primer dibandingkan hutan pinus yang memiliki serasah tebal dan sulit terdekomposisi. Dapat disimpulkan bahwa tutupan vegetasi berpengaruh nyata terhadap kapasitas infiltrasi tanah. Hutan primer memiliki kemampuan resapan air yang lebih baik dibandingkan hutan pinus, sehingga berperan penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi dan konservasi air tanah di wilayah pegunungan Mamasa.

Kata kunci: Hutan pinus, hutan primer, laju infiltrasi, Mamasa, sifat tanah.

ABSTRACT: Changes in vegetation cover due to human activities and forest management practices can significantly affect hydrological processes, particularly soil infiltration. Infiltration plays a vital role in maintaining groundwater availability, controlling surface runoff, and preventing erosion. A decline in infiltration capacity may reduce groundwater recharge and increase flood risk in upstream areas. This study aims to analyze and compare the infiltration rates between Pine Forests (*Pinus merkusii*) and Primary Forests in Mamasa Regency, West Sulawesi, which serves as an important water catchment area in the mountainous region. This research employed a comparative descriptive approach using field observation methods. Infiltration was measured using a Double Ring Infiltrometer at three observation points in each forest type. Measurements were recorded every five minutes for one hour to determine the initial (f_0) and constant infiltration rates (f_c) using the Horton (1940) equation. The average infiltration rates between the two forest types were then compared statistically. The results showed that the average infiltration rate in the Primary Forest was 95.7 mm/hour, whereas in the Pine Forest it was only 46.8 mm/hour, indicating a significant difference ($p < 0.05$). The higher infiltration rate in the primary forest is attributed to its looser soil structure, higher organic matter content, and greater soil biota activity, in contrast to the pine forest which has a thick layer of slowly decomposing litter that limits water percolation. It can be concluded that vegetation cover significantly influences soil infiltration capacity. The primary forest demonstrates a better water absorption capacity compared to the pine forest, thus playing a crucial role in maintaining hydrological balance and groundwater conservation in the mountainous areas of Mamasa Regency.

Key words: Actual infiltration, pine forest, primary forest, Mamasa, soil properties.

1. PENDAHULUAN

Tutupan vegetasi merupakan komponen utama dalam menjaga keseimbangan siklus hidrologi karena berperan langsung terhadap kuantitas dan kualitas air tanah maupun air permukaan. Vegetasi yang rapat membantu menahan air hujan, meningkatkan infiltrasi, serta mengurangi limpasan permukaan, sehingga air lebih banyak terserap ke dalam tanah dan memperkaya cadangan air tanah. Menurut Zhang et al., (2023), vegetasi beragam mampu memperkuat struktur tanah, meningkatkan stabilitas agregat, dan mempertahankan kelembapan tanah, sedangkan tutupan yang berkurang memperbesar risiko erosi dan kekeringan musiman. Dengan demikian, kondisi dan jenis tutupan vegetasi menjadi faktor penentu utama keseimbangan hidrologi suatu wilayah. Salah satu parameter hidrologi yang paling krusial dalam memahami proses tersebut adalah infiltrasi, yaitu kemampuan tanah menyerap air melalui permukaan tanah. Proses ini menentukan seberapa besar air hujan yang masuk ke dalam tanah dibandingkan yang mengalir sebagai limpasan. Infiltrasi yang tinggi menunjukkan tanah dengan struktur baik, porositas besar, dan kandungan bahan organik tinggi, sedangkan infiltrasi rendah sering dijumpai pada tanah padat atau dengan serasah tebal yang sulit terurai (Horton, 1940; Arsyad, 2010). Oleh karena itu, infiltrasi menjadi indikator penting dalam menilai fungsi hidrologi dan efektivitas tutupan vegetasi terhadap konservasi air tanah.

Dalam konteks kehutanan, perbandingan antara hutan primer dan hutan pinus penting untuk memahami bagaimana perbedaan struktur vegetasi, sistem perakaran, dan serasah memengaruhi infiltrasi. Hutan primer yang masih alami umumnya memiliki vegetasi berlapis, serasah cepat terdekomposisi, dan aktivitas biota tanah tinggi yang membentuk pori makro, sehingga mampu meningkatkan laju infiltrasi dan cadangan air tanah (Janah et al., 2021 & Reynolds et al., 2022). Sebaliknya, hutan pinus (*Pinus merkusii*) dengan serasah tebal dan sulit terurai cenderung memiliki infiltrasi lebih lambat akibat lapisan jarum pinus yang menahan air di permukaan sebelum meresap ke dalam tanah (Ariyanto et al., 2023 & Manese et al., 2023). Oleh karena itu, studi perbandingan antara kedua tipe hutan ini memberikan dasar ilmiah untuk pengelolaan hutan berkelanjutan yang berorientasi pada konservasi air.

Kabupaten Mamasa di Provinsi Sulawesi Barat merupakan salah satu wilayah pegunungan yang memiliki fungsi ekologis penting sebagai daerah tangkapan dan resapan air bagi wilayah hilir. Kawasan ini didominasi oleh hutan pinus hasil reboisasi dan hutan

primer alami di sekitar Taman Nasional Gandang Dewata. Secara hidrologis, Mamasa berperan sebagai “menara air” Sulawesi Barat, di mana kondisi infiltrasi tanah sangat menentukan keberlanjutan sumber air permukaan dan bawah tanah. Variasi topografi, jenis tanah, serta tutupan vegetasi menjadikan wilayah ini ideal untuk penelitian tentang dinamika infiltrasi dan fungsi hidrologi hutan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan laju infiltrasi antara hutan pinus (*Pinus merkusii*) dan hutan primer di Kabupaten Mamasa serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaannya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi strategi pengelolaan hutan dan konservasi air tanah di wilayah pegunungan Mamasa, sekaligus memberikan kontribusi ilmiah terhadap pemahaman hubungan antara tutupan vegetasi dan infiltrasi dalam sistem agroekoteknologi berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tondok Bakaru, Desa Rambusaratu dan Desa Lambanan, Kecamatan Mamasa. Dilaksanakan selama 1 bulan dari November–Desember 2024.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

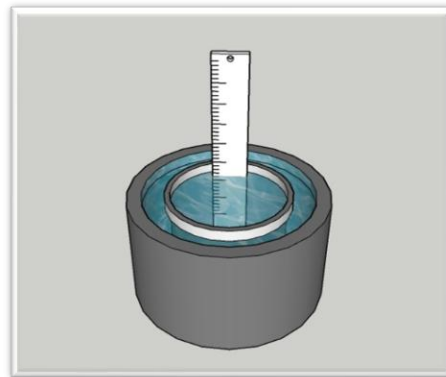
2.2. Alat dan Bahan

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah *double ring infiltrometer*, kayu, *Stopwatch/handphone*, ember, jerigen, penggaris/mistar, *soil tester* atau alat pengukur pH

tanah, kamera, lakban, *Global Positioning System* (GPS), parang, buku Munsell (*Munsell Soil Colour Chart*), lembar isian profil, pulpen dan papan pengalas. Sedangkan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan peta kerja.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan alat Double Ring Infiltrometer, menggunakan interval waktu 5 menit selama 60 menit di setiap titik pengamatan. Pengambilan data dilakukan secara purposive sampling, mempertimbangkan kondisi vegetasi, kemiringan lereng, dan karakteristik tanah. Parameter yang diamati meliputi laju infiltrasi aktual (f_0 dan f_c), tekstur dan struktur tanah, serta pH dan kelembaban tanah sebagai faktor pendukung. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran terhadap kerapatan vegetasi maupun kerapatan akar. Namun, kondisi vegetasi diamati secara deskriptif berdasarkan tipe tutupan lahan. Saran mengenai pengukuran kerapatan vegetasi akan dicantumkan sebagai rekomendasi penelitian lanjutan karena faktor tersebut berpotensi memengaruhi porositas tanah dan laju infiltrasi.



Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Laju Infiltrasi

2.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif menggunakan persamaan Horton (1940) untuk memodelkan hubungan waktu terhadap penurunan laju infiltrasi hingga kondisi konstan. Nilai infiltrasi kemudian diklasifikasikan mengikuti standar Kohnke dalam satuan mm/jam untuk menentukan kapasitas infiltrasi tanah. Hasil pengamatan disajikan secara deskriptif dan dibandingkan antara kedua tipe hutan untuk menilai perbedaan kemampuan resapan air. Penelitian ini belum mengukur parameter vegetasi secara kuantitatif sehingga hubungan statistik antara vegetasi dan laju infiltrasi belum dapat

dianalisis. Oleh karena itu, pengaruh vegetasi terhadap infiltrasi dijelaskan secara deskriptif berdasarkan karakteristik tutupan lahan yang diamati.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Laju Infiltrasi Aktual Hutan Pinus

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan di tiga lokasi berbeda. Pengamatan laju infiltrasi dilakukan selama 60 menit menggunakan metode *Double Ring Infiltrometer*. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit untuk mengetahui seberapa cepat air meresap ke dalam tanah seiring waktu. Hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Aktual Hutan Pinus I, II, dan III

| Lokasi | f_0 (cm/ jam) | f_c (cm/jam) |
|-----------------|-----------------|----------------|
| Hutan Pinus I | 18 | 7,2 |
| Hutan Pinus II | 26,4 | 6 |
| Hutan Pinus III | 24 | 7,2 |

(Sumber: Data primer, 2025)

Pada Tabel 1 terlihat bahwa hasil pengukuran laju infiltrasi aktual menunjukkan penurunan tajam di awal pengamatan, kemudian melandai pada 25–60 menit. Laju infiltrasi aktual awal pada ketiga lokasi hutan pinus berbeda cukup signifikan. Nilai tertinggi terdapat pada Hutan Pinus II sebesar 26,4 cm/jam, diikuti Hutan Pinus III sebesar 24,0 cm/jam, dan Hutan Pinus I sebesar 18,0 cm/jam. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi struktur tanah dan kondisi serasah di masing-masing lokasi. Hutan Pinus II memiliki tekstur tanah yang lebih gembur dengan kandungan pasir lebih tinggi, sehingga air dapat meresap lebih cepat pada awal pengamatan. Sebaliknya, Hutan Pinus I memiliki serasah yang lebih tebal dan kering, yang menghambat infiltrasi awal. Nilai laju infiltrasi akhir (f_c) pada ketiga lokasi berkisar antara 6–7,2 cm/jam, menunjukkan bahwa setelah tanah mencapai kondisi jenuh, kemampuan tanah dalam menyerap air relatif rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah di bawah tegakan pinus memiliki jumlah pori makro yang terbatas sehingga air lebih cepat mencapai kondisi jenuh. Rendahnya laju infiltrasi tersebut diduga lebih dipengaruhi oleh tekstur tanah yang didominasi fraksi lempung dan debu serta keberadaan serasah jarum pinus yang tebal dan lambat terdekomposisi. Akumulasi serasah tersebut dapat membentuk lapisan permukaan yang bersifat hidrofobik ketika kering sehingga menghambat masuknya air ke dalam tanah. Selain itu, rendahnya aktivitas biota tanah

menyebabkan pembentukan biopori relatif terbatas, yang pada akhirnya menurunkan kemampuan tanah dalam mengalirkan air ke lapisan yang lebih dalam. Setelah lapisan serasah jenuh, air mulai bergerak cepat ke bawah hingga kapasitas jenuh tercapai. Arsyad, (2010) menjelaskan bahwa tanah dengan fraksi liat tinggi memiliki infiltrasi lambat karena pori besar sedikit, sementara Reynolds et al., (2022) menambahkan bahwa rendahnya aktivitas biota pada sistem monokultur membatasi pembentukan saluran biopori alami.

3.2 Laju Infiltrasi Aktual Hutan Primer

Tabel 2. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi Aktual Hutan Primer I, II, dan III

| Lokasi | f_0 (cm/ jam) | f_c (cm/jam) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Hutan Primer I | 72 | 16,8 |
| Hutan Primer II | 54 | 19,2 |
| Hutan Primer III | 60 | 12 |

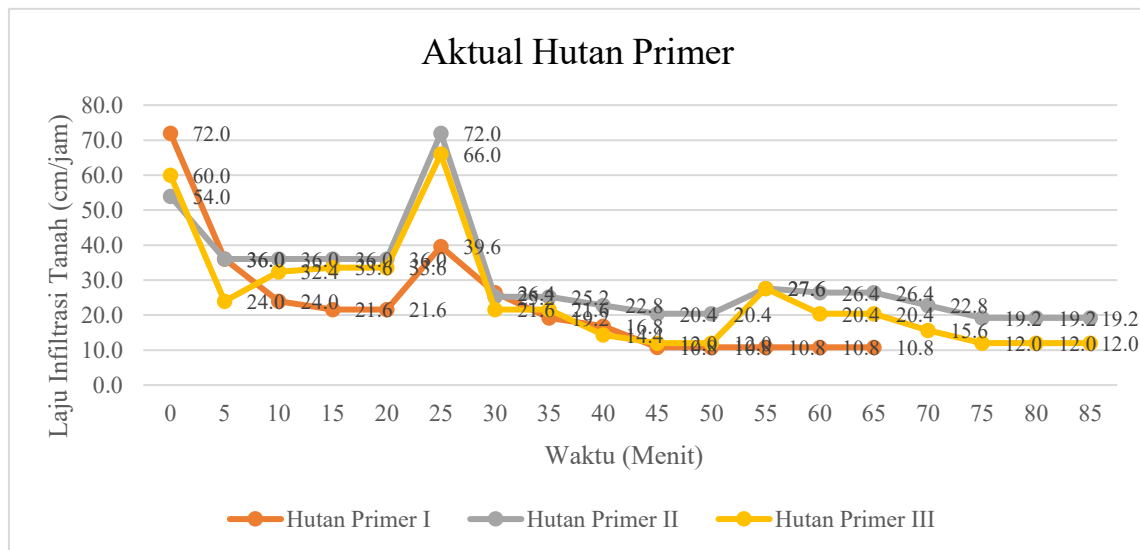
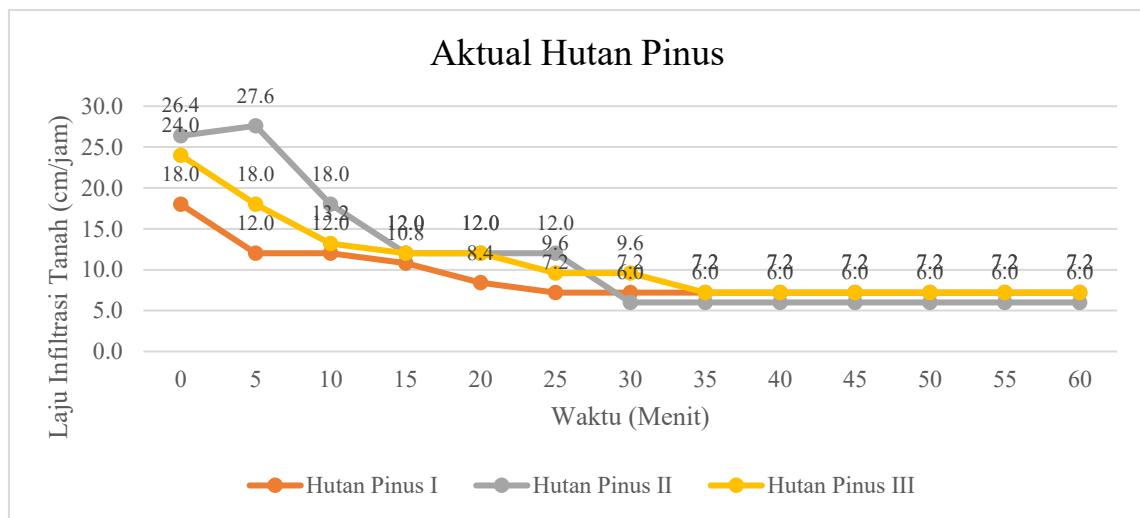
(Sumber: Data primer, 2025)

Pada Tabel 2 Hasil pengukuran pada hutan primer menunjukkan nilai infiltrasi aktual jauh lebih tinggi dibandingkan hutan pinus. Menunjukkan bahwa laju infiltrasi aktual pada hutan primer di Kabupaten Mamasa bervariasi antarplot, namun jauh lebih tinggi dibandingkan hutan pinus. Hutan Primer I memiliki nilai laju infiltrasi awal sebesar 72 cm/jam dan menurun bertahap hingga mencapai 16,8 cm/jam pada menit ke-40. Nilai ini menggambarkan bahwa tanah di lokasi tersebut memiliki porositas tinggi dan struktur tanah granular stabil. Kondisi lapangan memperlihatkan lapisan tanah yang gembur, berakar banyak, serta kaya bahan organik dari serasah yang terdekomposisi baik. Menurut Reynolds et al. (2022), struktur tanah yang remah dan kaya pori makro mampu meningkatkan konduktivitas hidraulik jenuh, sehingga laju infiltrasi tetap tinggi meskipun tanah mendekati kondisi jenuh air.

Pada Hutan Primer II, laju infiltrasi awal mencapai 54 cm/jam dan menurun secara perlahan hingga 19,2 cm/jam. Tidak terjadi fluktuasi tajam seperti pada hutan pinus, menunjukkan bahwa kondisi kelembapan dan serasah lembap berperan penting dalam menstabilkan infiltrasi. Ketebalan serasah yang merata membantu distribusi air dan memperlambat aliran permukaan, sehingga air meresap secara bertahap ke lapisan bawah. Chen et al. (2019) menjelaskan bahwa lapisan organik yang lembap berfungsi sebagai penyaring alami yang meningkatkan retensi air dan menjaga kestabilan laju infiltrasi. Selain

itu, aktivitas fauna tanah seperti cacing dan mikroorganisme pengurai memperkuat agregat tanah melalui pembentukan polisakarida perekat alami, yang meningkatkan konektivitas pori.

Sementara itu, Hutan Primer III menunjukkan laju infiltrasi awal 60 cm/jam dan stabil pada 12 cm/jam. Nilai ini sedikit lebih rendah karena kondisi topografi yang landai menyebabkan drainase alami lebih lambat. Lapisan tanah lebih padat dan lembap, sehingga setelah pori makro jenuh, aliran air berpindah ke pori mikro dengan laju yang lebih lambat. Menurut Arsyad (2010), peningkatan fraksi liat mempersempit ukuran pori dan menurunkan kapasitas infiltrasi jenuh, yang menjelaskan pola penurunan tajam pada lokasi ini.



Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan primer memiliki laju infiltrasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan hutan pinus. Hal ini sejalan dengan temuan Janah et al. (2021) dan Reynolds et al., (2022), yang melaporkan bahwa hutan alami dengan struktur vegetasi berlapis dan sistem akar beragam cenderung memiliki porositas tanah lebih besar serta konduktivitas hidrolis jenuh yang tinggi. Sebaliknya, hutan pinus dengan struktur monokultur memiliki lapisan serasah tebal dari jarum pinus yang lambat terdekomposisi, sehingga menghambat pergerakan air ke dalam tanah (Ariyanto et al., 2023; Manese et al., 2023). Perbedaan karakteristik serasah dan sistem akar ini menyebabkan air di hutan pinus lebih banyak tertahan di permukaan pada awal hujan sebelum akhirnya meresap perlahan ke lapisan bawah.

Penurunan kapasitas infiltrasi pada hutan pinus juga dapat dikaitkan dengan rendahnya aktivitas biota tanah dan kestabilan agregat dibandingkan hutan primer. Zhao et al., (2021) menjelaskan bahwa diversitas vegetasi yang tinggi di hutan alami memperkuat struktur tanah melalui peningkatan bahan organik dan pembentukan pori makro oleh akar dan fauna tanah. Li et al., (2020) menambahkan bahwa homogenitas vegetasi pinus membatasi pertukaran nutrisi dan aktivitas biologis yang berperan penting dalam pembentukan porositas tanah. Dengan demikian, perbedaan fungsi ekosistem antara kedua tipe hutan ini secara nyata memengaruhi kemampuan tanah dalam meresapkan air, yang pada akhirnya berdampak pada keseimbangan hidrologi kawasan hulu.

3.3 Implikasi Ekologis

Secara ekologis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hutan pinus di Mamasa memiliki fungsi resapan air yang rendah. Air hujan cendernya menjadi limpasan permukaan, meningkatkan risiko erosi dan berkurangnya cadangan air tanah. Sebaliknya, hutan primer berfungsi lebih efektif sebagai kawasan resapan air alami. Untuk itu, diperlukan pengelolaan hutan pinus melalui sistem agroforestri, penambahan vegetasi bawah, dan pengayaan spesies untuk memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan aktivitas biota. Menurut Zhao et al. (2021), pengayaan vegetasi dapat memperluas porositas tanah melalui interaksi akar dan bahan organik, sehingga memperbaiki infiltrasi dan kestabilan tanah jangka panjang.

4. KESIMPULAN

1. Laju infiltrasi aktual pada hutan pinus berkisar 24–26 cm/jam dan menurun menjadi 6–7,2 cm/jam, sedangkan pada hutan primer berkisar 54–72 cm/jam dan menurun menjadi 12–19 cm/jam.

2. Hutan primer memiliki kapasitas infiltrasi hampir tiga kali lebih tinggi dibanding hutan pinus, dipengaruhi oleh struktur tanah remah, kandungan bahan organik tinggi, dan aktivitas biota tanah.
3. Secara ekologis, perbedaan ini menunjukkan pentingnya diversifikasi vegetasi pada hutan pinus Mamasa untuk meningkatkan fungsi resapan air dan mencegah degradasi hidrologi DAS.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang mendalam kepada Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Makassar atas bantuan, izin resmi penelitian, dan fasilitasi akses lapangan yang telah diberikan, tanpa dukungan tersebut penelitian ini tidak dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.
- Ariyanto, E., Prasetyo, B., & Sugiarto, D. (2023). The effect of pine litter thickness on soil infiltration rate and surface runoff in reforested areas. *Journal of Tropical Forest Science*, 35(2), 145–156.
- Chen, L., Zhang, H., & Liu, T. (2019). Effect of vegetation diversity on soil structure and infiltration. *Journal of Hydrology*, 578, 124115.
- Horton, R. E. (1940). An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Science Society of America Journal*, 5(1), 399–417.
- Janah, S. N., Nugroho, S. P., & Widiastuti, S. (2021). Comparison of infiltration rates between natural forest and plantation forest on volcanic slopes. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 8(1), 23–33.
- Li, X., Zhang, Y., & Liu, W. (2020). Soil hydraulic properties under different vegetation types. *Catena*, 188, 104446.
- Manese, R., Latupapua, H., & Noya, S. (2023). Influence of pine needle litter on soil water absorption and hydrological function in tropical reforestation sites. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 14(1), 55–66.
- Reynolds, W. D., Bowman, B. T., & Drury, C. F. (2022). Soil structure and hydraulic conductivity in natural forest systems. *Geoderma*, 405, 115429.
- Zhang, Y., Liu, Q., & Wang, Z. (2023). Vegetation diversity enhances soil structure and water retention in mountainous ecosystems. *Hydrological Processes*, 37(5), e15011.
- Zhao, Y., Wang, J., & Liu, Q. (2021). Influence of biotic activity on soil infiltration and stability. *Ecological Engineering*, 165, 106230.