

**KAPASITAS INFILTRASI DI BAWAH TEGAKAN
Araucaria hunsteinii, *Intsia bijuga*, *Swietenia macrophylla*
PADA HUTAN PENDIDIKAN ANGGORI**

**Infiltration Capacity Understand
Araucaria hunsteinii, *Intsia bijuga*, *Swietenia macrophylla*
In Educational Forest Anggori**

MAHMUD¹⁾, ENGGELINA NATALIA SUMNAIKUBUN²⁾,
WOLFRAM YAHYA MOFU³⁾, SRI ENDAYANI⁴⁾

¹⁾Fakultas Kehutanan Universitas Papua, Manokwari, 98314

⁴⁾Fakultas Pertanian, Universitas 17 Agustus 1945, Jl. Ir. H. Juanda No. 80
Samarinda, Indonesia 75123

*Email : mahmudalya6@gmail.com

Diterima 7 Agustus 2024/Disetujui 30 September 2024

ABSTRACT

*High surface runoff has an impact on decreasing the water that enters the soil, thereby reducing the availability of groundwater. Increased surface runoff is often ignored in efforts to mitigate floods and water availability. In fact, the availability of sufficient and quality water is closely related to the amount of water that enters the soil. This study aims to determine the infiltration capacity of three types of stands using a double ring infiltrometer. Data collection other than infiltration included soil water content, state of the three vegetation, soil physical and chemical properties such as texture, soil structure, bulk density, soil porosity, soil permeability, and soil organic matter. The results showed that the *Araucaria hunsteinii* stand had the largest infiltration capacity, followed successively under the *Intsia bijuga* and *Swietenia macrophylla* stands. Factors that affect infiltration capacity include vegetation conditions, soil water content, soil permeability, bulk density, soil porosity, soil texture and structure. Soil porosity, soil texture and soil permeability have the greatest influence on increasing infiltration compared to other factors*

Keywords: *Infiltration, three stands, soil physical, chemical properties, Anggori arboretum.*

PENDAHULUAN

Hutan pendidikan Anggori (HPA) memiliki lahan yang terdiri dari berbagai jenis tegakan menjadi wahana bagi masyarakat khususnya pelajar, mahasiswa dan peneliti untuk belajar tentang hutan dan timbal balik antar komponen ekosistemnya. Beberapa hutan pendidikan di Indonesia dikelola oleh perguruan tinggi, salah satunya adalah HPA yang dikelola oleh Fakultas Kehutanan Universitas Papua di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. HPA terdiri dari areal perkebunan buah-buahan, koleksi tanaman kehutanan dan hutan alam yang bisa dimanfaatkan sebagai kebun penghasil benih. HPA berdiri sejak tahun 1962 dengan koleksi tanaman yang berasal dari tanah Papua dan hanya sekitar $\pm 2,5$ km ke arah Timur Fakultas Kehutanan Universitas Papua (Unipa). Luas Hutan Pendidikan Anggori secara keseluruhan 112,2 Ha yang terdiri dari areal jenis tanaman Industri atau perkebunan buah-buahan seluas 25 Ha, koleksi tanaman kehutanan 10 ha, dan sisa areal tersebut terdiri dari Hutan Alam yang ditumbuhi berbagai jenis tumbuh seluas 86,2 ha. Koleksi tanaman terdiri dari jenis komersil dan asli Papua seperti: *Pometia pinnata*, *Pometia correaea*, *Callophyllum inophyllum*, *Intsia bijuga*, *Alstonia scholaris*, *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga*, *Swietenia macrophylla*, *Araucaria cunninghami*, *Vatica Papuana*, *Albizia falcataria*, Manilkara kauki.dll.

Penutupan lahan dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah akibat perubahan nilai laju infiltrasi yang masuk ke dalam tanah. Vegetasi cukup mempengaruhi kapasitas infiltrasi dilihat dari banyaknya air yang sampai di permukaan tanah yang telah mengalami aliran batang dan air lolos. Fungsi vegetasi secara efektif dapat mencerminkan kemampuan tanah dalam mengabsorpsi air hujan, mempertahankan atau meningkatkan laju infiltrasi dan menunjukkan kemampuan dalam menahan air atau kapasitas retensi air (Budirianto, 2012). Menurut Maqdisa *et al.* (2018) perbedaan kapasitas infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan memiliki peran besar dalam menentukan serapan air ke dalam tanah. Daerah yang bervegetasi air hujan tidak langsung ke permukaan tanah, tetapi tertahan pada lapisan tajuk, rerumputan dan serasah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kapasitas infiltrasi pada tanah bervegetasi akan cenderung lebih banyak dan cenderung lebih tinggi dibanding tanah yang tidak bervegetasi.

Infiltrasi mampu menjaga kesehatan tanah, karena Infiltrasi yang rendah berpotensi membentuk limpasan permukaan yang cepat sehingga menyebabkan erosi (Mahmud *et al.*, 2021; Ullyta *et al.*, 2022). Keadaan tanah yang mempunyai lereng curam sampai sangat curam laju air permukaan lebih besar dibanding laju infiltrasi, sehingga besarnya limpasan permukaan dapat membahayakan karena daya kikis dan daya angkutnya yang besar (Elfiati & Delvian, 2010). Terjadinya

limpasan permukaan dan erosi disebabkan ketidakmampuan air masuk ke dalam tanah karena tanah banyak mengandung liat dan sedikitnya pori-pori tanah yang menghambat air masuk ke dalam tanah. (Wirasembada *et al.* (2017); Hidayat *et al.* (2019)).

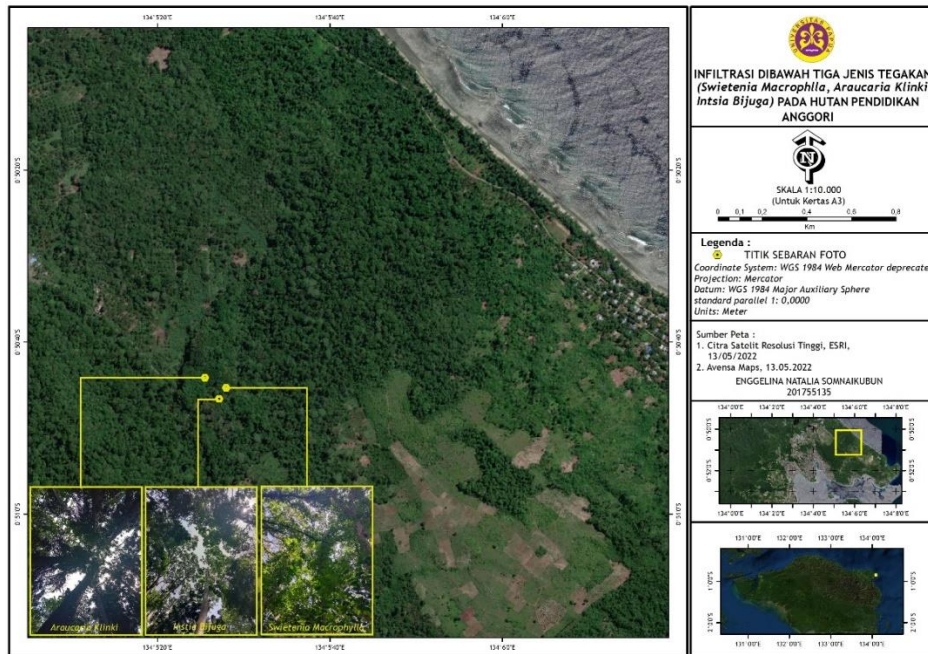
Sumber terbesar infiltrasi umumnya berasal dari curah hujan yang mana sebelum air masuk ke dalam tanah akan membasahi permukaan tanah (Mahmud *et al.*, 2019). Air hujan yang jatuh pada kawasan hutan akan ditahan terlebih dahulu oleh lapisan tajuk dan sebagian diantaranya akan hilang dalam bentuk intersepsi. Sebagian lainnya menetes dicela-cela tajuk sebagai air lolos (*through fall*) dan sebagian lagi mengalir pada batang pohon sebagai aliran batang (*stem flow*) untuk selanjutnya ke permukaan untuk membasahi tanah. Setelah basah air secara perlahan-lahan masuk ke dalam tanah sampai pada bagian tanah paling dalam baik secara horizontal maupun vertika. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam siklus hidrologi yang dapat mempengaruhi jumlah air yang terdapat di permukaan tanah, dimana air yang terdapat di permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah kemudian mengalir ke sungai.

Penutupan lahan dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah akibat perubahan nilai laju infiltrasi yang masuk ke dalam tanah. Besarnya faktor vegetasi yang mempengaruhi infiltrasi dilihat dari banyaknya air yang sampai di permukaan tanah yang telah mengalami aliran batang dan air lolos. Fungsi vegetasi secara efektif dapat mencerminkan kemampuan tanah dalam mengabsorpsi air hujan, mempertahankan atau meningkatkan laju infiltrasi dan menunjukkan kemampuan dalam menahan air atau kapasitas retensi air (Budirianto, 2012). Menurut Maqdisa *et al.* (2018) perbedaan kapasitas infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan memiliki peran besar dalam menentukan serapan air ke dalam tanah. Daerah yang bervegetasi air hujan tidak langsung ke permukaan tanah, tetapi tertahan pada lapisan tajuk, rerumputan dan serasah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kapasitas infiltrasi pada tanah bervegetasi akan cenderung lebih banyak dan cenderung lebih tinggi dibanding tanah yang tidak bervegetasi.

Bagian tegakan yang mempengaruhi proses laju infiltrasi adalah bentuk dari persentase penutupan tajuk, jenis daun dan ketebalan serasah serta bentuk perakaran dari tegakan tersebut. Jenis tegakan mampu mempengaruhi besarnya kapasitas infiltrasi karena setiap tegakan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menerima, menampung, menyerap dan menyimpan air dalam tegakan dan dalam tanah. Sehubungan dengan itu maka perlu dilakukan penelitian mengenai kapasitas infiltrasi pada lahan di bawah tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga*, dan *Swietenia macrophylla* serta mengetahui sejauh mana tanah berpengaruh terhadap infiltrasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan dari bulan Januari sampai Februari 2024 di Hutan Pendidikan Anggori pada lahan di bawah tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* dengan ukuran setiap petak tegakkan 50 m x 50 m. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Faperta Universitas Papua.



Gambar 1. Peta Lokasi pada Hutan Pendidikan Anggori

Alat yang digunakan antara lain *double ring infiltrometer* untuk pengukuran infiltrasi, *Stop-watch* (arloji), digunakan untuk mengukur waktu infiltrasi, Palu ukuran besar digunakan untuk memendam/memukul *double ring infiltrometer*, ember dan gayung plastik digunakan untuk menampung dan menuangkan air. Ring sampel digunakan untuk mengambil sampel tanah sebanyak 27 di lokasi penelitian selanjutnya dianalisis di laboratorium dengan bagian-bagian alat berupa pisau tipis untuk meratakan pinggiran sampel tanah pada ring, plastik untuk menyimpan sampel tanah dalam ring, dan karet gelang untuk mengikat sampel tanah pada plastik untuk mencegah rusaknya sampel tanah. Oven digunakan sebagai alat untuk mengeringkan tanah. Alat tulis menulis digunakan untuk mencatat hasil pengukuran laju infiltrasi di lokasi penelitian. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lahan dibawah vegetasi pepohonan (tegakan *Swietenia macrophylla*, tegakan *Araucaria hunsteinii*, tegakan *Intsia bijuga*), air yang digunakan untuk mengisi *digital infiltrometer* serta bahan-bahan untuk menganalisis sifat fisika dan kimia tanah.

Pengukuran infiltrasi di bawah tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga*, *Swietenia macrophylla* dengan metode penggenangan. Jarak tanam setiap tegakan 10-15 m dengan tinggi pohon 15-30 m. Alat yang digunakan adalah double ring infiltrometer yang terdiri dari ring bagian luar dengan ukuran diameter 11 cm dan ring bagian dalam dengan ukuran 7 cm, *digital infiltrometer* juga disertai penggaris ukur dan *stopwatch* yang terpasang langsung pada *digital infiltrometer* sehingga mempermudah dalam melakukan pengukuran. Double ring infiltrometer di masukan ke dalam tanah sedalam 30 cm. Air dituangkan ke dalam ring bagian dalam dan luar hingga memenuhi ring, setelah itu perhatikan *stopwatch* dan penurunan air pada penggaris ukur. Pada penggaris kita amati penurunan air setiap 30 menit sampai air konstan (tidak ada penurunan air). Setiap tegakan diambil 3 titik lokasi pengukuran dengan jarak antara satu titik dengan titik yang lain 10-15 m. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan sebanyak 3 kali ulangan pada masing-masing titik pengamatan dan 2 kali waktu pengukuran yaitu setelah hujan yaitu satu hari setelah hujan dan tanpa hujan yaitu 3-4 hari tanpa hujan.

Sifat fisik dan kimia tanah yang diamati antara lain tekstur, struktur tanah, bulk density, porositas tanah, permeabilitas tanah, dan bahan organik tanah. *Bulk Density (BD)* ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$BD = \frac{\text{Berat Tanah (g)}}{\text{Volume ring (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

Porositas tanah ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = 1 - \frac{Bd}{Pd \times 100\%} \quad (2)$$

Dimana :

P = porositas (%)

Bd = Kerapatan bongkah tanah (gram/cm³)

Pd = kerapatan partikel tanah (gram/ cm³)

Permeabilitas akan ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$K = \frac{Q \times dl}{A \times dh} \quad (3)$$

Dimana

k = permeabilitas (cm/menit)

Q= debit (cm³/menit)

dl= tinggi tanah dalam ring (cm)

A= Luas (cm²)

dh = batas antara permukaan tanah dan permukaan air (cm)

Struktur tanah ditentukan dengan pengamatan langsung dengan memperhatikan bongkah tanah apakah berbentuk gumpal membulat, kemantapan rendah . Bentuk struktur tanah seperti : butir, remah (granular atau crumb),gumpal

(blocky), kubik atau sub angular. tekstur tanah dianalisis di Laboratorium Tanah Faperta UNIPA, dengan cara menghitung koreksi kadar air, bahan organik dan dikoreksi supaya fraksi pasir pasir yang dihitung mendekati kebenaran. Penentuan kadar C-organik dengan metode Walkley-Black. Metode ini untuk menentukan bahan organik C tanah dengan cara mengukur jumlah karbon yang mudah teroksidasi.

Analisis data dilakukan dengan formula atau rumus (Philips, 1957 modifikasi Wanggai 2009) sebagai berikut :

$$f = St^{0,5} + C \quad (4)$$

$$F = 2St^{0,5} + Ct \quad (5)$$

Dimana :

f : Laju infiltrasi (mm/detik) atau (mm/menit)

F : Infiltrasi komulatif (mm/jam) atau (mm/menit)

t₁ : Waktu awal (menit)

t₂ : Waktu akhir (menit)

S dan C : konstanta yang dipengaruhi oleh faktor kelembapan tanah awal. S dan C dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{f_1 t_2 - f_2 t_1}{2 (t_2 t_1^{0,5} - t_1 t_2^{0,5})} \quad (6)$$

$$C = \frac{F - 2 S T^{0,5}}{t} \quad (7)$$

Dalam hal ini F₁,F₂, T₁, dan T₂ merupakan data yang akan diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan. Rumus kapasitas infiltrasi dan infiltrasi komulatif diperoleh dengan memasukan nilai konstanta S dan C kedalam persamaan 1 dan 2. Apabila kapasitas infiltrasi sebesar < 2,5 berkategori sangat rendah; 2,5- < 15 rendah; 15-<28 sedang; 28 - 53 tinggi dan 53< sangat tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Infiltrasi

Pengukuran kapasitas infiltrasi dimaksudkan untuk mengetahui kecepatan masuknya air hujan ke dalam tanah secara vertikal. Sebanyak 27 pengukuran dari ketiga tegakkan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* yang selanjutnya dirata-ratakan akan diperoleh persamaan (Tabel 1).

Laju infiltrasi pada masing-masing persamaan untuk pengukuran satu hari setelah hujan dan tidak hujan memiliki konstanta S dan C yang berbeda. Berdasarkan perbedaan konstanta S dan C maka dapat dihitung laju infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* untuk pengukuran SHSH dengan memasukan waktu

(t) ke dalam persamaan $7,361t^{-0,5} + 4,049$, untuk pengukuran TH $6,401t^{-0,5} + 10,737$.

Tabel 1 Persamaan kapasitas infiltrasi pada tiga tegakan

Tegakan	Satu hari setelah hujan (SHSH)	Tidak hujan(TH)
<i>Araucaria hunsteinii</i>	$7,361t^{-0,5} + 4,049$	$6,401t^{-0,5} + 10,737$
<i>Intsia bijuga</i>	$7,377t^{-0,5} + 1,004$	$5,478^{-0,5} + 11,321$
<i>Swietenia macrophylla</i>	$1,276t^{-0,5} + 2,872$	$6,848t^{-0,5} + 9,485$

Kemudian laju infiltrasi pada tegakan *Intsia bijuga* untuk pengukuran SHSH dengan memasukan waktu (t) pada persamaan $7,377t^{-0,5} + 1,004$, untuk pengukuran TH $5,478^{-0,5}+11,321$. Selanjutnya pada tegakan *Swietenia macrophylla* untuk pengukuran satu hari setelah hujan dengan memasukan waktu (t) pada persamaan $1,276t^{-0,5} + 2,872$ dan untuk pengukuran tidak hujan $6,848t^{-0,5} + 9,485$, sehingga diperoleh nilai laju infiltrasi pada berbagai tipe tutupan lahan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kapasitas infiltrasi pada tiga tegakan tanpa hujan

Waktu (Menit)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)		
	<i>Araucaria hunsteinii</i>	<i>Intsia Bijuga</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>
0.30	19,788	19,067	19,018
1	17,138	16,799	16,334
1,30	22,361	21,269	21,625
2	15,263	15,194	14,434
2.30	14,782	14,783	13,948
3	14,430	14,482	13,591
3.30	14,155	14,246	13,312
4	13,938	14,060	13,092
4.30	13,752	13,901	12,904
5	13,598	13,770	12,748
5.30	13,464	13,655	12,612
6	13,349	13,556	12,495
Jumlah	186,018	184,781	176,115
Rata-rata	15,501	15,398	14,676

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kapasitas infiltrasi pada ketiga tegakan tersebut tanpa hujan nilai di bawah tegakan *Araucaria hunsteinii* berkisar dari 19,788 mm/menit sampai 13,349 mm/menit dengan rata-rata 15,501mm/menit dan pada tegakan *Intsia bijuga* memiliki nilai kapasitas infiltrasi yang berkisar dari 19,067mm/menit sampai 13,556 mm/menit dengan rata-rata 15,398 mm/menit. Sedangkan *Swietenia macrophylla* memiliki nilai laju infiltrasi berkisar dari 19,018 mm/menit sampai 12,495 mm/menit dengan nilai rata-rata 14,676 mm/menit. Hasil pengamatan dan perhitungan di ketahui bahwa rata-rata laju infiltrasi tertinggi untuk pengukuran tanpa hujan terjadi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* diikuti dengan tegakan *Intsia bijuga* dan yang memiliki rata-rata laju infiltrasi terendah untuk pengukuran tanpa hujan yaitu tegakan *Swietenia macrophylla*.

Kapasitas infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* diduga memiliki tajuk dan kerapatan vegetasi yang tinggi di banding tegakan *Intia bijuga* dan *Swietenia macrophylla*. Hal ini menyebabkan kemampuan tanah pada tegakan *Araucaria hunsteinii* untuk meresap air hujan kedalam tanah lebih tinggi *Intia bijuga* dan *Swietenia macrophylla*. Kondisi tajuk dan kerapatan vegetasi yang lebih tinggi pada *Araucaria hunsteinii* menyebabkan saat hujan air tidak langsung ke permukaan tanah, akan tetapi ditahan sementara pada daun, cabang, ranting dan batang. Setelah ditahan lalu air mengalir baik melalui aliran batang maupun lolosan tajuk untuk menuju permukaan tanah. Tajuk yang rapat dan tebal memberi peluang limpasan permukaan rendah karena kondisi tajuk yang rapat melindungi permukaan tanah dari air hujan yang dapat memantapkan tanah sehingga infiltrasi akan meningkat dan sebaliknya pada tegakan *Intisa bijuga* dan *Swietenia macrophylla* memiliki memiliki laju infiltrasi lambat karena memiliki tajuk dan kerapatan vegetasi yang rendah. Sementara itu kapasitas infiltrasi pada satu hari setelah hujan sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3 nilai kapasitas infiltrasi untuk pengukuran satu hari setelah hujan terdapat perbedaan rata-rata laju infiltrasi pada ketiga tegakan. Pada tegakan *Araucaria hunsteinii* berkisar dari 14,457 mm/menit sampai 6,375 mm/menit dengan nilai rata-rata laju infiltrasi 8,368 mm/menit, tegakan *Intsia bijuga* memiliki nilai kapasitas infiltrasi berkisar dari 11,435 mm/menit sampai 3,335 mm/menit dengan nilai rata-rata laju infiltrasi 5,332 mm/menit, sedangkan tegakan *Swietenia macrophylla* memiliki nilai laju infiltrasi yang berkisar dari 4,676 mm/menit sampai 3,275 mm/menit dengan nilai rata-rata laju infiltrasi 3,621 mm/menit. Jika dibandingkan hasil Penelitian Budianto, *et al.*(2014) pada jenis tegakan yang sama *Swietenia macrophylla* sebesar 1,45 mm/menit. Nilai rata-rata laju infiltrasi tertinggi pada pengukuran satu hari setelah hujan terjadi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* lalu diikuti dengan tegakan *Intsia bijuga*

sedangkan nilai laju infiltrasi terendah terjadi pada tegakan *Swietenia macrophylla*. Perbedaan kapasitas infiltrasi sangat mungkin terjadi karena dimungkinkan perbedaan sifat fisik dan kimia tanah, luas daun, ukuran tajuk dan kondisi lingkungan.

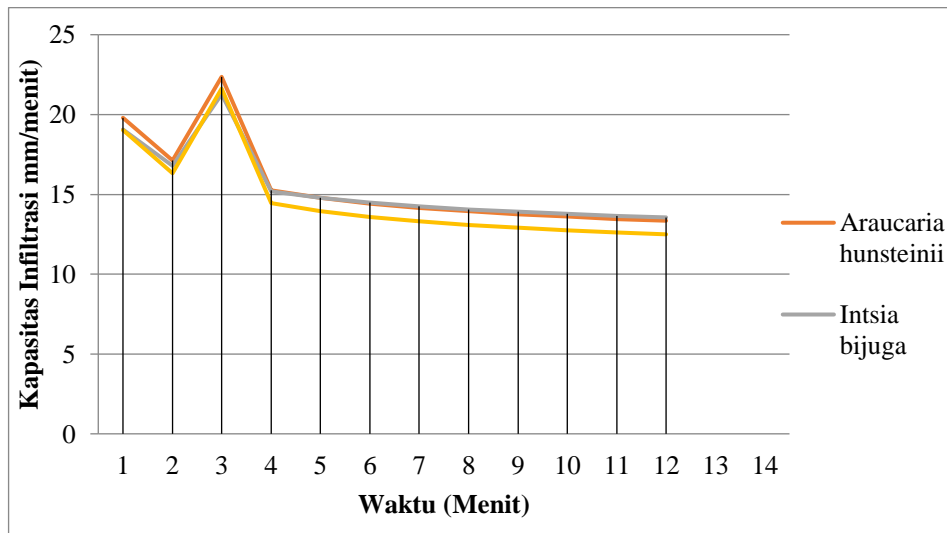
Tabel 3. Kapasitas Infiltrasi pada tiga tegakan pada satu hari setelah hujan

Waktu (Menit)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)		
	<i>Araucaria hunsteinii</i>	<i>Intsia Bijuga</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>
0,30	14,457	11,435	4,676
1	11,410	8,381	4,148
1.30	17,417	14,401	5,189
2	9,253	6,220	3,774
2.30	8,701	5,666	3,678
3	8,296	5,261	3,608
3.30	7,980	4,943	3,553
4	7,730	4,693	3,510
4.30	7,516	4,479	3,473
5	7,339	4,302	3,442
5.30	7,185	4,147	3,416
6	7,052	4,014	3,393
6.30	6,935	3,896	3,372
7	6,824	3,785	3,353
7.30	6,736	3,697	3,338
8	6,647	3,608	3,322
8.30	6,566	3,527	3,308
9	6,500	3,461	3,297
9.30	6,434	3,394	3,285
10	6,375	3,335	3,275
JUMLAH	167,354	106,642	72,413
RATA-RATA	8,368	5,332	3,621

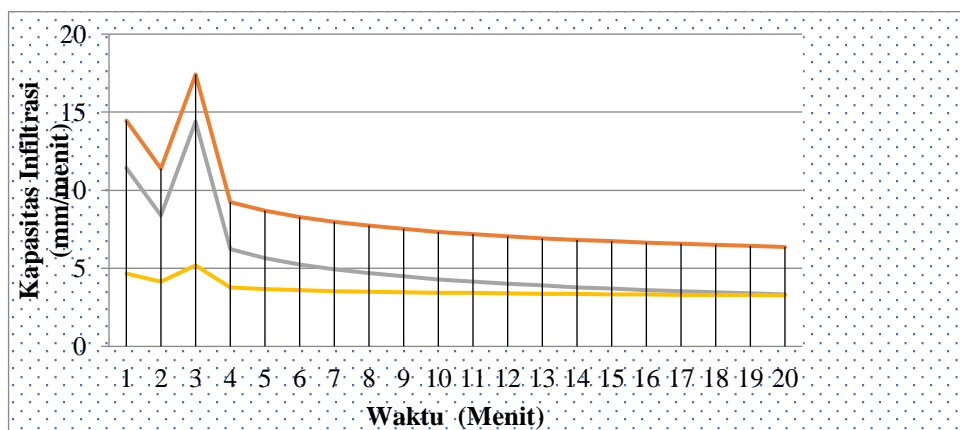
Hasil penelitian pada Tabel 2 dan 3 diketahui bahwa rata- rata kapasitas infiltrasi tertinggi pada pengukuran tanpa hujan dan satu hari setelah hujan pada tegakan *Araucaria hunsteinii* kemudian diikuti dengan *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla*. Hal ini dikarenakan tanah pada tegakan *Araucaria hunsteinii* memiliki permeabilitas yang sangat tinggi dan sangat cepat sehingga meloloskan air ke dalam tanah lebih banyak dibandingkan yang mengalir di atas permukaan tanah. Semakin tinggi nilai permeabilitas tanah, maka akan diikuti oleh kenaikan laju infiltrasi (Budianto *et al.*,2014). Hal ini sependapat dengan pernyataan

(Wikantya and Kusumandari 2022) yang menyatakan bahwa tanah dengan pori-pori besar akan mempunyai kapasitas infiltrasi lebih besar dibandingkan dengan tanah pori-pori kecil. Menurut Hidayat *et al.*(2019) berbagai bentuk tajuk dan kerapatan tagakan menjadi faktor pendukung dalam proses infiltrasi, karena rapat berbagai jenis pohon dan struktur tajuk tumbuh-tumbuhan mampu membuat kondisi sifat fisik tanah menjadi lebih baik.

Berdasarkan Tabel 2 grafik kapasitas infiltrasi untuk tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* yang di lihat seperti gambar 2, s ementara itu Tabel 3 dibuatlah Gambar 3 berikut:



Gambar 2 Grafik kapasitas infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* tanpa hujan.



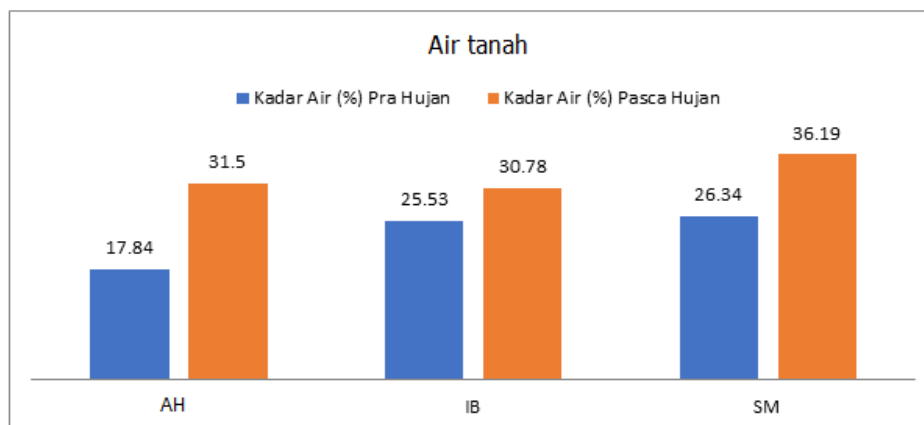
Gambar 3 Grafik kapasitas infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* satu hari setelah hujan.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa kapasitas infiltrasi pada tiga tegakan awalnya tinggi, kemudian mulai menurun akan tetapi meningkat lagi melebihi pada awalnya. Setelah pada titik puncak secara perlahan menurun lagi hingga mencapai nilai konstan. Kapasitas infiltrasi mulai menurun dengan bertambahnya waktu karena pori-pori tanah yang tadinya udara terisi oleh air semakin lama tanah menjadi jenuh (Hawari *et al.*, 2020). Semakin lama waktu tidak hujan maka laju infiltrasi semakin tinggi karena kadar air tanah yang tersimpan di dalamnya segera tercuci ke dalam lapisan tanah bagian bawah, sehingga lapisan tanah bagian atas mengalami kekeringan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa adanya perbedaan laju infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* karena dipengaruhi oleh faktor kadar air tanah, kerapatan massa tanah, struktur dan tekstur, permeabilitas, porositas, dan kandungan bahan organik. Menurut Irawan dan Yuwono (2016), kerapatan maupun tajuk tanaman penutup tanah sangat berpengaruh terhadap infiltrasi, karena tumbuhan akan mengurangi daya jatuh tetesan air hujan yang dapat mengganggu agregat tanah dengan demikian air masuk kedalam tanah lebih besar

Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Infiltrasi

a. Air tanah

Air tanah yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga*, dan *Swietenia macrophylla* pada kawasan Hutan Pendidikan Anggori (Gambar 4).



Keterangan : AH= *Araucaria hunsteinii*, IB= *Intsia bijuga*, SM= *Swietenia macrophylla*

Gambar 4 kadar air tanah pra hujan dan pasca hujan.

Gambar 4 menunjukkan kadar air tertinggi terjadi pada pengukuran setelah hujan yaitu pada tegakan *Swietenia macrophylla* sebesar 36,19%, kemudian diikuti oleh tegakan *Araucaria hunsteinii* 31,5% dan tegakan *Intsia bijuga* 30,78%. Kadar air terendah terjadi pada pengukuran tanpa hujan yaitu pada tegakan *Araucaria hunsteinii* 17,84%, kemudian *Intsia bijuga* 25,53%, dan

Swietenia macrophylla 25,34%. Kapasitas infiltrasi terkecil terdapat pada tegakan *Swietenia macrophylla* baik untuk pengukuran satu hari setelah hujan dan tanpa hujan. Hal ini diduga karena tanah pada *Swietenia macrophylla* memiliki kadar air tanah lebih tinggi, sehingga kemampuan menyerap air rendah. Semakin tinggi kadar air tanah, maka akan semakin rendah pori-pori yang dapat diisi oleh udara saat kering atau diisi oleh air saat tanah basah. Disamping itu tanah dibawah tegakan *Swietenia macrophylla* memiliki kerapatan massa tanah kelas berat (tinggi) dibandingkan dibawah tegakan yang lain.

Jika curah hujan dipermukaan tanah lebih tinggi dibandingkan kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi menjadi rendah akibat dari tanah yang jenuh air, sehingga air menjadi limpasan permukaan. Menurut Arsyad (2012) tanah dengan kandungan air yang lebih rendah memiliki kapasitas infiltrasi tinggi dan sebaliknya tanah yang memiliki kandungan air tinggi maka kapasitas infiltrasi rendah. Kapasitas infiltrasi yang tinggi dapat menjaga ketersediaan air dalam tanah yang dibutuhkan tanaman serta dapat pula meminimalisir terjadinya aliran permukaan (*run off*) yang dapat mengakibatkan terangkutnya sebagian massa tanah sehingga tanah mudah tererosi. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air tanah pada pengukuran tanpa hujan dan satu hari setelah hujan sangat berpengaruh terhadap laju infiltrasi.

b. Porositas tanah, Permeabilitas tanah, C-organik dan *Bulk Density*

Beberapa sifat fisik dan kimia tanah yang berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi tanah diantaranya: kerapatan massa tanah (*bulk density*), permeabilitas tanah, porositas tanah dan kandungan bahan organik tertera pada Tabel 4.

Tabel 4 Porositas tanah, Permeabilitas tanah, C-organik dan *Bulk Density* di HPA

Lokasi sampel tanah	Porositas tanah (%)	Permeabilitas tanah (cm/jam)	C-organik (%)	<i>Bulk density</i> (g/cm ³)
<i>Araucaria hunsteinii</i>	35,53 (sedang)	17,95(Cepat)	5,7 (sangat tinggi)	1,11(Sedang)
<i>Intsia bijuga</i>	52,66 (sedang)	11,31(Agak Cepat)	1,93(rendah)	1,01(Sedang)
<i>Swietenia macrophylla</i>	38,91 (sedang)	5,47(Sedang)	1,29 (rendah)	1,33(Berat)

Berdasarkan Tabel 4 porositas tanah paling besar terdapat pada tegakan *Intsia bijuga* yaitu 52,66% kemudian diikuti dengan tegakan *Swietenia macrophylla* sebesar 38,91% dan tegakan *Araucaria hunsteinii* sebesar 35,53% yang semuanya berkategori sedang. Total pori (porositas tanah) merupakan salah satu penentu besarnya laju infiltrasi, semakin besar nilai porositas tanah, maka laju infiltrasi cenderung akan meningkat. Hal ini berbalik jika penurunan nilai porositas tanah akan mengakibatkan penurunan laju infiltrasi tanah. Semakin besar porositas maka, laju infiltrasi cenderung akan meningkat, jika dilihat nilai

porositas pada ketiga tegakan tersebut sama-sama tergolong kedalam kategori sedang, namun memiliki laju infiltrasi yang berbeda-beda, hal ini dapat dilihat pada kerapatan massa tanah pada tegakan *Swietenia macrophylla* lebih rendah dibandingkan tegakan yang lain. Menurut Hutabarat (2015) bahwa semakin tinggi nilai kerapatan massa tanah maka akan semakin padat pula tanah tersebut. Apabila tanah semakin padat maka ruang pori/porositas tanah semakin kecil dengan nilai porositas tanah semakin rendah. Selain itu porositas tanah bisa juga menjadi petunjuk kerapatan massa tanah (*bulk density*), semakin besar *bulk density* tanah maka makin rendah porositas tanah yang berarti semakin sulit untuk meloloskan air. Perbedaan nilai dari porositas sendiri banyak disebabkan oleh faktor-faktor tegakan pohon dan mikroorganisme yang berada dalam tanah. Menurut Mahmud (2023) tegakan pohon mampu mematahkan kekuatan intensitas curah melalui daun, cabang dan ranting serta memperbaiki sifat fisik & kimia tanah melalui dekomposisi serasah.

Permeabilitas tanah pada berbagai tegakan menunjukkan bahwa nilai permeabilitas terbesar adalah pada tegakan *Araucaria hunsteinii* yaitu 17,95 cm/jam, diikuti dengan tegakan *Intsia bijuga* yaitu 11,31 cm/jam dan tegakan *Swietenia macrophylla* yaitu 5,47 cm/jam. Tabel 4 menunjukkan bahwa tegakan *Araucaria hunsteinii* memiliki permeabilitas yang tergolong cepat, kemudian *Intsia bijuga* tergolong agak cepat dan tegakan *Swietenia macrophylla* tergolong sedang. Hal ini kemungkinan bahwa ukuran partikel dan pori tanah pada tutupan lahan tersebut kecil yang dapat mempengaruhi resapan air kedalam tanah (terinfiltrasi). Hal ini sesuai dengan pernyataan Badaruddin *et al.* (2019) jika semakin kecil ukuran partikel maka semakin kecil pula ukuran pori dan akan semakin rendah nilai permeabilitas. Sebaliknya permeabilitas tanah yang cepat dapat menciptakan laju infiltrasi yang lebih baik. Hal ini juga didukung oleh Maqdisa *et al.* (2018) apabila kapasitas infiltrasi dan permeabilitas besar dan mempunyai lapisan kedap yang dalam maka aliran permukaan rendah, sehingga penyerapan air akan semakin tinggi.

Salah satu faktor yang juga sangat berpengaruh terhadap infiltrasi dan limpasan permukaannya yaitu kandungan bahan organik tanah. Bahan organik tanah diperoleh salah satunya dari jatuhnya serasah daun dari vegetasi yang menaunginya. Bahan organik pada Tabel 4 menunjukkan tertinggi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* yaitu 5,7% diduga oleh pengaruh kerapatan tajuk yang tinggi dan vegetasi lainnya yang tumbuh di bawah tegakan sehingga memberikan kontribusi terhadap pembentukan bahan organik tanah. Menurut Kusumandari and Nugroho (2015) kondisi tanah baik fisik maupun kimia tanah akan dipengaruhi adanya struktur tegakan yang berbeda-beda. Semakin banyak serasah yang menutupi permukaan tanah, dimungkinkan akan semakin tinggi

bahan organik yang akan meningkatkan aktifitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik.

Kerapatan massa tanah (*Bulk Density*) pada tiga tegakan tertinggi pada tegakan *Swietenia macrophylla* yaitu 1,33 g/cm³ (berat), diikuti tegakan *Araucaria hunsteinii* yaitu 1,11 g/cm³ (sedang), dan tegakan *Intsia bijuga* sebesar 1,01 g/cm³(sedang). Semakin padat tanah maka semakin tinggi *bulk density* yang berarti semakin sulit meloloskan air. Hal ini berarti pada tegakan *Swietenia macrophylla* makin sulit untuk meneruskan air kedalam tanah dan ditembus oleh akar. Semakin kecil nilai kerapatan massa tanah akan menambah nilai kecepatan laju infiltrasi, sementara semakin besar kerapatan massa tanah menyebabkan dan mengakibatkan penurunan laju infiltrasi.

c. Struktur dan tekstur tanah

Tanah bertekstur remah memberikan kapasitas infiltrasi yang lebih besar dari pada tanah liat. Struktur dan tekstur tanah mempengaruhi pori-pori tanah yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kapasitas infiltrasi, kemampuan tanah dalam menampung air dan pertumbuhan tanaman (Erizilina et al.,2019). Hasil pengamatan struktur dan tekstur tanah pada berbagai tegakan di kawasan HPA dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Struktur dan tekstur tanah pada tiga tegakan

Lokasi sampel tanah	Tekstur				Struktur		
	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Kelas	Bentuk	Ukuran	Tingkat perkembangan
<i>Araucaria hunsteinii</i>	45,79	31,89	22,32	Lempung	Granular	Sedang	Lemah
<i>Intsia bijuga</i>	55,19	22,41	22,41	Lempung Liat Berpasir	Granular	Sedang	Lemah
<i>Swietenia macrophylla</i>	49,50	20,83	29,76	Lempung Liat Berpasir	Granular	Sedang	Lemah

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada ketiga tegakan tersebut baik *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* memiliki tanah dengan struktur yang sama yaitu granular dengan ukuran sedang dan tingkat perkembangan lemah. Perbandingan kandungan fraksi pasir, debu dan liat pada berbagai tegakan di kawasan HPA digolongkan kedalam kelas lempung dan lempung liat berpasir. Menurut Badaruddin et al., 2019 kapasitas infiltrasi tertinggi pada tanah dengan kandungan fraksi pasir yang lebih besar dari pada fraksi tanah liat. Dari hasil penelitian kenyataan berbeda tegakan *Intsia bijuga* fraksi pasir lebih sebesar 55,19% , akan tetapi kapasitas infiltrasi lebih kecil

dibandingkan dibawah tegakan *Araucaria hunsteinii*. Hal ini diduga selain tektur tanah kapasitas infiltrasi dipengaruhi bentuk tajuk, ketebalan serasah, tipe daun dan lain-lain. Tanah di bawah tegakan *Swietenia macrophylla* fraksi liat sebesar 29,76%, diikuti oleh tegakan *Intsia bijuga* 22,41% dan tegakan *Araucaria hunsteinii* 22,32%. Kandungan fraksi liat yang tinggi mempengaruhi peredaran udara dalam tanah yang dapat menghambat masuknya air kedalam tanah (Karma, 2005). Sementara itu persentase debu tertinggi yaitu 31,89 % pada *Araucaria hunsteinii*, kemudian *Intsia bijuga* (22,41%) dan *Swietenia macrophylla* sebesar 20,83%. Kapasitas infiltrasi selain dipengaruhi oleh tekstur tanah, akan dipengaruhi vegetasi seperti struktur tajuk, kerapatan, kemiringan, kedalaman tanah dan lain-lain

d. Vegetasi

Vegetasi sangat berpengaruh dalam proses terjadinya infiltrasi (Ullyta *et al.*,2022). Perkembangan perakaran tumbuhan pada hutan mampu menekan dan memperenggang agregat tanah yang berdekatan. Penyerapan air oleh akar tumbuhan hutan menyebabkan dehidrasi tanah, pengerutan dan terbentuknya rekahan-rekahan kecil. Kedua proses tersebut akan terbentuk pori-pori mikro maupun makro. Dengan meningkatnya jumlah pori dan kerapatan massa tanah (*bulk density*), maka air yang meresap ke dalam tanah akan semakin cepat. Suatu tegakan yang tidak memiliki vegetasi lainnya atau tumbuhan penutup tanah (tanah kosong) tentu dapat menyebabkan laju infiltrasi rendah. Hal ini sangat berdampak terhadap laju infiltrasi, karena air hujan akan menghancurkan agregat-agregat tanah pada tegakan yang tidak memiliki vegetasi atau tumbuhan penutup tanah. Tanah yang kosong dari vegetasi pori-pori mudah tersumbat yang mengakibatkan porositas tanah rendah dan peningkatan limpasan permukaan yang mengakibatkan erosi, banjir, dan longsor. Oleh sebab itu vegetasi mampu menangkap butir air hujan sehingga energi kinetiknya tertahan oleh tumbuhan dan tidak langsung mengenai tanah. Menurut Ariyanti *et al.* (2016) tanaman penutup tanah atau vegetasi mengurangi energi kinetik air hujan, meningkatkan kekasaran sehingga mengurangi kecepatan aliran permukaan dan perpindahan partikel tanah. Kondisi tegakan di HPA terlihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla* memiliki berbagai macam vegetasi baik dari daun, keadaan serasah, tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon yang sangat rapat yang belum diganggu. Menurut Irawan dan Yuwono (2016) kerapatan tumbuhan dan tajuk sangat berpengaruh terhadap infiltrasi karena akan mengurangi tetesan air hujan yang dapat merusak bongkahan tanah dan akan meningkatkan air masuk kedalam tanah. Tajuk yang rapat air hujan tidak

langsung ke permukaan tanah, akan tetapi tertahan dan tersimpan sementara yang selanjutnya air masuk perlahan lahan ke dalam tanah Vegetasi dan lapisan serasah melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah, sehingga erosi tanah rendah.



Gambar 5 Kondisi Tegakan *Araucaria hunsteinii*, *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla*.

Lapisan serasah dalam melindungi permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan serasah. Saat hujan kapasitas infiltrasi dan permeabilitas tanah dapat dipertahankan apabila vegetasi sebagai bahan organik cukup tinggi (Fatimatuzzarha *et al.*, 2014). Oleh sebab itu, peran vegetasi dalam peresapan air terutama keberadaan vegetasi dapat meningkatkan kandungan bahan organik, jumlah dan tebal serasah serta biota tanah yang mendukung berlangsungnya proses infiltrasi. Pada tegakan *Araucaria hunsteinii* memiliki tajuk yang jauh lebih rapat serta pohon yang lebih banyak dengan jarak yang berdekatan. Hal ini menyebabkan kapasitas infiltrasi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* lebih tinggi dibandingkan tegakan lain. *Swietenia macrophylla* dan *Araucaria hunsteinii* berarsitektur model rauh yang memiliki tajuk lebar, tebal, batang bercabang rindang, poliaksial, atau pohon dengan beberapa aksis yang berbeda. Arsitektur model sangat berperan penting dalam pendistribusian air hujan dan infiltrasi. Menurut Ariyanti *et al.* (2016) cucuran tajuk yang terjadi akan relatif kecil namun lama dan air yang terinfiltrasi semakin besar, apabila semakin tebal dan rapat penutupan tajuk.

KESIMPULAN

Kapasitas infiltrasi tertinggi di HPA pada pengukuran tanpa hujan terdapat pada tegakan *Araucaria hunsteinii* yaitu sebesar 15,501 mm/menit, diikuti oleh tegakan *Intsia bijuga* yaitu 15,398 mm/menit dan terendah adalah tegakan *Swietenia macrophylla* sebesar 14,679 mm/menit. Demikian juga pada pengukuran satu hari setelah hujan kapasitas infiltrasi tertinggi pada tegakan *Araucaria hunsteinii* yaitu 8,368 mm/menit, diikuti tegakan *Intsia bijuga* sebesar 5,332 mm/menit dan terendah tegakan *Swietenia macrophylla* sebesar 3,621 mm/menit. *Araucaria hunsteinii* kemudian diikuti dengan *Intsia bijuga* dan *Swietenia macrophylla*. Pada tegakan *Araucaria hunsteinii* memiliki permeabilitas yang sangat tinggi dan sangat cepat sehingga meloloskan air ke dalam tanah lebih banyak dibandingkan yang mengalir di atas permukaan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010) *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor. Edisi Kedua
- Ariyanti, M., Yahya S., Murti Laksono, K., Suwanto, Siregar, H.H. (2016). Pengaruh tanaman penutup tanah *Nephrolepis biserrata* dan teras gulud terhadap aliran permukaan dan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) *The influence of cover crop Nephrolepis biserrata and ridge terrace against run off and the growth of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) Jurnal Kultivasi*.15(2): 121-127.
- Badaruddin, K., Yamani S., Nurlina S. (2019). *The Study of the Rate of Infiltration and Soil Permeability on Different Land Cover in Watershed Maluka Province of South Kalimantan. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. 4(5):1367-1372
- Budianto, P.T.H., Wirosodarmo, R., Suharto, B. (2014). Perbedaan Laju Infiltrasi Pada Lahan Hutan Tanaman Industri Pinus, Jati, dan Mahoni (Infiltration Rate Difference of Industrial Plantation Forest Land Pine, Teak and Mahogany). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(2)15-22
- Budirianto, H. (2012). Hubungan Model Arsitektur Pohon Roux Jenis *Koordersiodendron pinnatum* Merr dan Koriba Jenis *Pometia pinnata* Forster Terhadap Parameter Perimbangan Air di Hutan Tanaman Anggori Manokwari. *Jurnal Bio-Science*. 1(1):12-22
- Elfiati, D., & Delvian.(2010). Laju infiltrasi pada berbagai tipe kelerengan dibawah tegakan ekaliptus di areal Hphti Pt. Toba Pulp Lestari Sektor Aek Nauli. *Jurnal Hidrolitan*. 1(2) 29–34.
- Erizilina, E., Pamoengkas, P., dan Darwo. (2019). Hubungan sifat fisik dan kimia tanah dengan pertumbuhan Meranti merah di KHDTK Haurbentes (Correlation between physical and chemical soil properties and growth of red Meranti in Haurbentes forest research. *Jurnal Pengelolaan*

Sumberdaya Alam dan Lingkungan. 9(1): 68-74. doi: 10.29244/jpsl.9.1. 68-74

- Fatimatu Zahra, Sancayaningsih, P.R., Saputra A. (2014). *Analisis Vegetasi Lantai Sebagai Penahan Limpasan Air di Sekitar Mata Air*. Fakultas Biologi. UGM. Yogyakarta.
- Hawari, S.D., Siswanto, Trimaijon. (2020). Analisis tingkat laju infiltrasi pada sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kampar Outlet Rimbo Panjang. *Jom FTEKNIK*. 7 (1):1-9
- Hidayat, A., Badaruddin, Yamani A. (2019). Analisis Laju Besarnya Volume Infiltrasi Pada Berbagai Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Jurnal Sylva Scientiae*. 2(5):785 – 791
- Irawan, T., Yuwono, S.B. (2016). Infiltrasi Pada Berbagai Tegakan Hutan Di Arboretum Universitas Lampung. *Sylva Lestari* 4 (3):21-34.
- Karma, E. (2005). *Laju Infiltrasi Dibawah Tegakan Araucaria coocci, Vatica Papuana Dyer. dan Areal Terbuka Pada Kebun Percobaan Anggori Manokwari*. Skripsi Sarjana Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Papua Manokwari.
- Kusumandari A., Nugroho, P. (2015). Land capability analysis based on hydrology and soil characteristics for watershed rehabilitation . The 5th Sustainable Future for Human Security. *Procedia Environmental Sciences* 28 :142 – 147
- Mahmud, Kusumandari, A., Sudarmadji and Supriyatnon, N. (2018). A Study of flood causal priority in Arui Watershed, Manokwari Regency, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 24(2): 81-94. DOI: 10.7226/jtfm.24.2.81.
- Mahmud, Wahyudi, Bataradewa, S., Budirianto H.J., Mutakim, Muhlis, L.O. (2021). The relationship of rainfall on surface runoff and sediments on various land use in Arui Watershed, Manokwari Regency. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 23(2):85–92.
- Mahmud. (2023). Dampak kerusakan antropogenik terhadap sedimentasi dan erosi pada hutan lindung Wosi Rendani Di Kabupaten Manokwari (Impact of Anthropogenic Destruction Toward Sedimentation and Erosion at Protected Forest of Wosi Rendani in Manokwari Regency). *J. Il. Tan. Lingk.*, 25 (1): 30-38
- Maria, R., & Lestiana, H. (2014). Pengaruh penggunaan lahan terhadap fungsi konservasi air tanah di sub DAS Cikapundung. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24, 77–89. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.85>
- Maqdisa, S., Jamilah, Marpaung, P. (2018) Kapasitas Infiltrasi pada 4 Jenis Penggunaan Lahan di Desa Sei Silau Barat Kecamatan Setia Janji Kabupaten Asahan (*Infiltration Capacity in 4 Land Use Types in the Sei Silau Barat village, Setia Janji sub-district, district of Asahan*. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 6(3): 558-562 .
- Ullyta, A., Tarigan S.D., Wahjunie, E.D. (2022). Infiltrasi dan Aliran Permukaan pada Agroforestri dan Kelapa Sawit (Infiltration and Surface Runoff in

- Agroforestry and Oil Palm). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*,27 (3) 359–366.
- Wanggai, F.(2009). *Manajemen hutan (Pengelolaan Sumberdaya Hutan Secara Berkelanjutan)*. Penerbit PT. Gramedia Widiasara Indonesia. Jakarta
- Wikantya, B., and Kusumandari, A. (2022). The infiltration capacity and rate at the grass, building yard and green open space areas of Universitas Gadjah Mada campus. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* . IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/959/1/012046
- Wirasembada, Y.C., Setiawan, B.I., Saptomo, S.K. (2017). Penerapan Zero Runoff System (ZROS) dan Efektivitas Penurunan Limpasan Permukaan pada Lahan Miring di DAS Cidanau Provinsi Banten. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 23 No. 2: 102-112.