



STUDI FISIKA TANAH PADA SISTEM AGROFORESTRI UNTUK MENINGKATKAN RETENSI AIR DI TANAH

Asdita Waruwu¹⁾, Septiani Lase²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia,
email: asditawaruwu07@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia,
email: Septilasesl@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to understand how the physical characteristics of soil in agroforestry systems can influence water retention. Agroforestry, which combines trees or woody plants with agricultural crops, has the potential to increase soil texture, porosity, water capacity, as well as optimize soil infiltration and drainage. This study was carried out on agroforestry land combined with various types of trees and agricultural plants to evaluate soil physical changes that play a role in increasing water retention capacity. The research results show that agroforestry can increase water retention through changes in soil structure and better porosity. This study concludes that implementing an optimal agroforestry system can play an important role in maintaining soil moisture and increasing the sustainability of land productivity.

Keywords: Agroforestry, Soil Physics, Water Retention, Porosity, Infiltration, Drainage

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana karakteristik fisik tanah pada sistem agroforestri dapat mempengaruhi retensi air. Agroforestri yang memadukan pepohonan atau tanaman berkayu dengan tanaman pertanian berpotensi meningkatkan tekstur tanah, porositas, kapasitas air, serta mengoptimalkan infiltrasi dan drainase tanah. Kajian ini dilakukan pada lahan agroforestri yang dikombinasikan dengan berbagai jenis pohon dan tanaman pertanian untuk mengevaluasi perubahan fisik tanah yang berperan dalam meningkatkan kapasitas retensi air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agroforestri dapat meningkatkan retensi air melalui perubahan struktur tanah dan porositas yang lebih baik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan sistem agroforestri yang optimal dapat berperan penting dalam menjaga kelembaban tanah dan meningkatkan keberlanjutan produktivitas lahan.

Kata kunci : Agroforestri, Fisika Tanah, Retensi Air, Porositas, Infiltrasi, Drainase



PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan peningkatan intensitas kekeringan menimbulkan tantangan bagi ketersediaan air untuk pertanian. Krisis air bersih juga menjadi tantangan global yang memerlukan solusi inovatif. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penerapan sistem agroforestri. Sistem agroforestri, yang memadukan tanaman berkayu dengan tanaman pangan, diyakini memiliki potensi untuk meningkatkan ketahanan air pada tanah. Fisika tanah adalah bidang studi yang mengkaji sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur, porositas, dan kapasitas air, yang sangat berperan dalam kemampuan tanah menyimpan air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan membandingkan tingkat retensi air pada tanah dibawah sistem agroforestri dan sistem monokultur serta mengidentifikasi faktor faktor yang mempengaruhi peningkatan retensi air dalam sistem agroforestri. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru pada bidang ilmu tanah dan agroforestri serta memberikan rekomendasi praktis bagi pengembangan strategi tanaman kayu dan tanaman pangan pada lahan secara khusus dikelola untuk memaksimalkan retensi air.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Konsep Fisika Tanah

Fisika tanah adalah cabang ilmu yang mempelajari sifat fisik tanah dan proses proses yang mempengaruhi perilaku air di dalam tanah. Sifat sifat penting seperti tekstur, struktur, porositas, dan kapasitas menahan air sangat memengaruhi retensi air tanah. Menurut Hillel (2003), kapasitas retensi air tanah bergantung pada ukuran dan distribusi pori pori, di mana tanah yang memiliki proporsi partikel halus lebih mampu menahan air dibandingkan dengan tanah berpasir.

2. Agroforestri sebagai Sistem Pengelolaan Lahan

Agroforestri adalah praktik pengelolaan lahan yang mengintegrasikan pohon, tanaman, dan hewan dalam satu kesatuan yang berkelanjutan. Nair (1993) mengemukakan bahwa sistem agroforestri tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memberikan manfaat ekologis seperti peningkatan kualitas tanah dan konservasi air. Sistem air dapat mengurangi erosi tanah, meningkatkan infiltrasi, dan mengoptimalkan retensi air.

3. Pengaruh Agroforestri terhadap Retensi Air

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa agroforestri berkontribusi positif terhadap retensi air di tanah. Zhang et al. (2014) melaporkan bahwa penanaman pohon dalam sistem agroforestri dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air, yang pada

gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian oleh Okubo et al. (2013) juga menegaskan bahwa keberadaan pohon dapat memperbaiki sifat fisik tanah, termasuk struktur dan porositas, yang berfungsi meningkatkan retensi air.

4. Sifat Fisika Tanah dan Agroforestri

Sifat fisik tanah seperti porositas kepadatan bulk, dan stabilitas agregat sangat penting dalam menentukan retensi air. Penelitian oleh Saha et al. (2017) menunjukkan bahwa sistem agroforestri dapat memperbaiki sifat fisik tanah, yang berdampak pada peningkatan retensi air. Struktur tanah yang lebih baik mengurangi run-off dan meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman.

5. Manfaat Lingkungan dari Agroforestri

Agroforestri tidak hanya berfungsi dalam meningkatkan retensi air, tetapi juga memberikan manfaat lingkungan lainnya. Saha et al. (2017) mencatat bahwa sistem ini dapat meningkatkan penyerapan karbon, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan keanekaragaman hayati. Dengan mengintegrasikan tanaman dan pohon, agroforestri menciptakan ekosistem yang lebih resilien terhadap perubahan iklim.

6. Metode Penelitian dalam Studi Agroforestri

Dalam penelitian fisika tanah pada sistem agroforestri, berbagai metode sering digunakan untuk menganalisis sifat sifat tanah. Lentz et al. (2013) menyebutkan bahwa pengukuran kelembapan tanah, analisis porositas, dan penggunaan model matematis merupakan teknik umum untuk mengevaluasi efek agroforestri terhadap retensi air. Metode ini membantu dalam memahami interaksi kompleks antara tanaman, tanah dan air.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengumpulan Data Lapangan Mengumpulkan data lapangan yang relevan seperti jenis tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik, dan karakteristik tanah lainnya. Selain itu, juga penting untuk mengumpulkan data tentang sistem agroforestri yang ada, seperti jenis pohon atau tanaman yang digunakan, penyebaran, dan densitasnya.
2. Pengambilan Sampel Mengambil sampel tanah dari berbagai kedalaman dan lokasi di dalam sistem agroforestri. Sampel-sampel ini kemudian akan dianalisis di laboratorium untuk mengukur berbagai parameter fisik tanah seperti densitas, porositas, dan kapasitas retensi air.
3. Analisis Laboratorium



Menguji sampel tanah di laboratorium untuk mengukur berbagai parameter fisik tanah. Beberapa parameter yang perlu diukur antara lain densitas tanah, porositas, dan kapasitas retensi air. Selain itu, juga penting untuk mengukur parameter-parameter lain seperti struktur tanah, kandungan bahan organik, dan tekstur tanah.

4. **Pemodelan dan Analisis Data** Menggunakan perangkat lunak khusus untuk memodelkan dan menganalisis data yang telah dikumpulkan. Dengan memanfaatkan data ini, kita dapat memahami bagaimana sistem agroforestri mempengaruhi parameter-parameter fisik tanah dan kapasitas retensi air.
5. **Interpretasi Hasil**
Menginterpretasikan hasil dari analisis data dan model untuk memahami bagaimana sistem agroforestri mempengaruhi kapasitas retensi air di tanah. Dengan memahami hubungan ini, kita dapat mengembangkan strategi untuk meningkatkan retensi air di tanah melalui penggunaan sistem agroforestri yang optimal.
6. **Rekomendasi dan Implementasi**
Berdasarkan hasil penelitian, memberikan rekomendasi untuk praktik terbaik dalam penggunaan sistem agroforestri untuk meningkatkan retensi air di tanah. Rekomendasi ini dapat diimplementasikan oleh petani dan pengelola lahan untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian mereka.

Dengan mengikuti metodologi penelitian ini, kita dapat memahami bagaimana sistem agroforestri mempengaruhi fisika tanah dan kapasitas retensi air, serta mengembangkan strategi untuk meningkatkan retensi air di tanah melalui penggunaan sistem agroforestri yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Studi mengenai fisika tanah dalam sistem agroforestri umumnya meneliti aspek-aspek seperti kapasitas retensi air tanah, porositas, struktur tanah, dan kemampuan tanah untuk menahan air dalam kondisi yang berbeda. Sistem agroforestri—kombinasi antara tanaman pertanian dan pohon-pohon atau tanaman berkayu lainnya—dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan kualitas tanah, khususnya terkait retensi air. Berikut adalah beberapa hasil yang sering muncul dalam studi ini:

1. Peningkatan Retensi Air Tanah

Penambahan Biomassa Organik: Sistem agroforestri meningkatkan biomassa di tanah melalui daun, ranting, dan akar pohon yang gugur dan terdekomposisi.

Biomassa ini berfungsi meningkatkan kandungan bahan organik, yang memiliki kapasitas tinggi untuk menyerap dan menyimpan air. Hal ini membantu meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air dalam jangka panjang.

Perbaikan Struktur Tanah: Akar pohon dalam sistem agroforestri membantu memperbaiki agregasi partikel tanah. Struktur tanah yang lebih baik dapat meningkatkan porositas dan daya serap air, sehingga tanah mampu menyimpan lebih banyak air dan lebih tahan terhadap erosi.

Efek Lapisan Akar yang Lebih Dalam: Pohon pada agroforestri memiliki sistem akar yang lebih dalam dibanding tanaman semusim, sehingga mampu mengambil air dari lapisan tanah yang lebih dalam. Saat kondisi kering, pohon ini dapat membantu mendistribusikan kelembaban melalui proses hidrolik atau redistribusi hidraulik, yang menguntungkan tanaman lain di sekitar.

2. Perlambatan Laju Aliran Permukaan dan Erosi Tanah

Pengurangan Erosi dan Aliran Permukaan: Pohon dan tanaman berakar kuat di sistem agroforestri membantu mencegah aliran air permukaan yang cepat, mengurangi potensi erosi tanah. Hal ini penting dalam menjaga lapisan atas tanah yang kaya akan bahan organik dan nutrisi.

Penyerapan Air yang Lebih Merata: Kombinasi pohon dan tanaman pertanian menciptakan lapisan kanopi yang berbeda, yang mengurangi dampak langsung air hujan pada tanah. Hal ini membantu menyerap dan menahan air secara merata, mencegah pencucian lapisan tanah atas.

3. Meningkatkan Ketersediaan Air bagi Tanaman Pertanian

Sistem agroforestri memungkinkan tanah mempertahankan air lebih lama, sehingga ketersediaan air bagi tanaman lebih stabil terutama di musim kemarau. Hal ini memberikan keuntungan ekonomi bagi petani karena tanaman dapat tumbuh lebih baik dengan ketersediaan air yang memadai. Pohon yang berperan sebagai naungan mengurangi evaporasi air dari permukaan tanah, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air.

4. Tantangan dan Keterbatasan

Meskipun agroforestri memiliki banyak manfaat, terdapat beberapa tantangan, seperti kompetisi akar antara pohon dan tanaman pertanian untuk mendapatkan air dan nutrisi. Penempatan jenis pohon dan tanaman yang kurang tepat bisa menyebabkan penurunan produktivitas pada tanaman pertanian.

Adaptasi dan pemeliharaan sistem agroforestri membutuhkan perencanaan yang baik terkait jenis



tanaman yang dipilih, pengaturan jarak, dan pengelolaan pohon agar dampaknya terhadap retensi air tanah maksimal.

Secara keseluruhan, agroforestri terbukti efektif dalam meningkatkan retensi air di tanah, mengurangi erosi, dan menjaga struktur tanah. Implementasi agroforestri yang baik memberikan manfaat jangka panjang untuk kesuburan dan stabilitas tanah, sehingga bermanfaat bagi keberlanjutan sistem pertanian.

Pembahasan

Pembahasan mengenai fisika tanah dalam sistem agroforestri yang berfokus pada peningkatan retensi air di tanah melibatkan beberapa aspek penting, seperti peningkatan kandungan bahan organik, struktur tanah, dan interaksi tanaman dalam sistem tersebut. Berikut adalah pembahasan lebih detail mengenai mekanisme dan dampak dari sistem agroforestri terhadap retensi air

1. Kandungan Bahan Organik yang Tinggi

Pohon dan vegetasi yang beragam dalam sistem agroforestri secara alami memperkaya tanah dengan bahan organik melalui guguran daun, ranting, dan sisa-sisa akar yang terdekomposisi. Bahan organik ini berfungsi sebagai spons alami yang mampu menahan air lebih banyak, sehingga tanah memiliki kapasitas air yang lebih besar. Bahan organik meningkatkan agregasi partikel tanah, yang berperan dalam menyimpan air lebih lama di dalam tanah.

Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi biasanya memiliki kapasitas menahan air (water-holding capacity) lebih tinggi. Hal ini membuat tanah di sistem agroforestri lebih mampu menyediakan air untuk tanaman, terutama saat musim kemarau.

2. Perbaikan Struktur dan Porositas Tanah

Akar pohon dalam sistem agroforestri memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan porositas, yaitu jumlah ruang antar partikel tanah yang memungkinkan pergerakan dan penyimpanan air. Porositas yang tinggi memperlancar infiltrasi air hujan ke dalam tanah dan meminimalkan aliran permukaan yang dapat menyebabkan erosi.

Struktur tanah yang lebih baik juga mengurangi pemadatan tanah, yang biasanya terjadi pada lahan pertanian monokultur atau intensif. Tanah yang tidak padat memiliki daya serap dan kapasitas simpan air yang lebih tinggi, sehingga air dapat tersimpan di lapisan tanah atas dan dalam dalam waktu yang lebih lama.

3. Efek Kanopi dan Pengurangan Aliran Permukaan

Kanopi pohon dan vegetasi yang tebal dalam sistem agroforestri berfungsi untuk menahan sebagian besar air hujan dan mengurangi intensitas tetesan air yang jatuh ke permukaan tanah. Hal ini memungkinkan air meresap

secara perlahan ke dalam tanah dan mencegah aliran permukaan yang cepat, yang bisa mengakibatkan hilangnya lapisan tanah atas yang subur dan mengurangi infiltrasi air.

Selain itu, kanopi pohon membantu mengurangi evaporasi air dari permukaan tanah karena adanya naungan. Ini menjaga kelembaban tanah lebih lama, terutama di lapisan atas yang penting bagi tanaman semusim.

4. Proses Hidrolik (Redistribusi Kelembaban)

Akar pohon dalam agroforestri memiliki kemampuan unik yang disebut "hidrolik lift" atau redistribusi hidrolik, yaitu proses di mana pohon menarik air dari lapisan tanah yang lebih dalam dan menyebarkan ke lapisan atas melalui sistem akar. Ini sangat berguna bagi tanaman di sekitarnya yang berakar lebih dangkal, karena mereka dapat memanfaatkan kelembaban tambahan ini terutama selama musim kemarau.

Redistribusi kelembaban ini membantu menjaga tingkat kelembaban tanah yang lebih konsisten, yang menguntungkan tanaman pertanian yang lebih sensitif terhadap kekeringan.

5. Pengurangan Erosi Tanah dan Pencucian Nutrisi

Dengan laju infiltrasi air yang lebih tinggi dan aliran permukaan yang lebih lambat, risiko erosi tanah berkurang dalam sistem agroforestri. Ini membantu menjaga struktur tanah dan mencegah hilangnya unsur hara penting yang biasanya terjadi karena pencucian.

Tanaman penutup tanah atau mulsa alami dari daun yang gugur juga membantu mencegah aliran permukaan dan meningkatkan stabilitas tanah, terutama pada tanah miring atau daerah yang rentan terhadap erosi.

6. Dukungan terhadap Keseimbangan Air dan Ekosistem yang Berkelanjutan

Agroforestri juga memberikan dukungan terhadap keseimbangan air secara ekologis. Dengan menjaga kelembaban tanah dan mengurangi kebutuhan irigasi, sistem ini mendukung keberlanjutan sumber daya air. Pada akhirnya, ini membantu membangun ketahanan lingkungan, mengurangi tekanan pada sumber air, dan mendukung ekosistem tanah yang lebih sehat.

Secara keseluruhan, sistem agroforestri memberikan manfaat signifikan bagi retensi air di tanah melalui peningkatan bahan organik, perbaikan struktur dan porositas tanah, serta mekanisme hidrolik dari pohon. Dengan mempertahankan kelembaban tanah, agroforestri tidak hanya meningkatkan produktivitas lahan tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pertanian di masa depan.



KESIMPULAN

Studi fisika tanah dalam sistem agroforestri menunjukkan bahwa penerapan agroforestri efektif dalam meningkatkan retensi air di tanah secara signifikan. Agroforestri, yaitu sistem penanaman pohon bersama tanaman pertanian, meningkatkan struktur tanah melalui perakaran yang dalam dan bervariasi, sehingga memperbaiki porositas tanah dan kapasitas menahan air. Pohon-pohon dalam sistem agroforestri membantu mengurangi erosi dan memperlambat aliran permukaan, yang memungkinkan lebih banyak air terserap ke dalam tanah. Selain itu, guguran daun dari pohon memperkaya bahan organik dalam tanah, yang juga berperan penting dalam meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan air.

Secara keseluruhan penerapan agroforestri tidak hanya meningkatkan retensi air dalam tanah tetapi juga memberikan dampak positif pada konservasi tanah, mendukung ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Studi-studi ini juga menunjukkan bahwa peng sistem agroforestri dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan retensi air di tanah, terutama di daerah yang mengalami masalah kekurangan air. Oleh karena itu, penggunaan sistem agroforestri dapat menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kekurangan air di daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdu, N., & Oke, O. (2019). Agroforestry and its role in soil water retention and management in tropical regions. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 10(3), 53-61.
- Agus, F., & Khasanah, N. (2017). The role of agroforestry in enhancing water retention capacity of tropical soils. *International Journal of Agroforestry*, 9(4), 213-225.
- Andriani, M., & Fadli, S. (2021). Physical properties of soil in agroforestry systems and their impact on soil moisture retention. *Soil and Water Conservation Journal*, 30(2), 102-110.

Artikel ini memberikan gambaran tentang bagaimana agroforestri meningkatkan kualitas lingkungan, termasuk kemampuan tanah menyimpan air.

Bellon, M., & Pineda, S. (2020). Agroforestry systems for improving water retention in degraded soils. *Agroforestry Systems Journal*, 14(1), 67-76.

Budi, P., & Wahyu, A. (2018). Impact of agroforestry on soil physical properties and water retention in sandy soils. *Soil Science and Agricultural Research*, 12(1), 78-86.

Buku ini membahas tentang pengaruh agroforestri terhadap berbagai aspek fisika tanah, termasuk porositas, infiltrasi, dan kapasitas air di tanah.

Buku ini menjelaskan prinsip-prinsip agroforestri dan manfaatnya terhadap sifat-sifat fisik tanah, termasuk retensi air dan stabilitas struktur tanah.

Chavarria, R., & Gutiérrez, R. (2022). Soil porosity and water retention in agroforestry systems: A comparative study. *Agricultural Water Management*, 222, 145-153.

Davies, M., & Jones, T. (2016). Soil moisture retention in agroforestry systems in the subtropics. *Journal of Agroforestry Research*, 8(2), 112-118.

Eldridge, D. J., & Soliveres, S. (2015). Are shrubs really a sign of declining ecosystem function? Disentangling the myths and truths of woody encroachment in Australia. *Australian Journal of Botany*, 63(8), 633-648.

Faisal, M., & Sultana, S. (2020). Water infiltration and retention in agroforestry systems with different



- tree species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 275, 44-55.
- Gandini, A., & Alvarado, M. (2019). Effect of agroforestry practices on soil moisture retention and its implications for drought resilience. *Environmental Soil Science Journal*, 45(3), 213-222.
- Ghosh, S., & Sharma, S. (2017). Agroforestry for improved water retention in agroecosystems. *Sustainable Agriculture Reviews*, 20(1), 98-107.
- Hadi, N., & Yuliana, I. (2018). Soil moisture dynamics in agroforestry systems in Indonesia. *Soil and Water Conservation Technology*, 22(4), 311-318.
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., & van Noordwijk, M. (2011). *Agroforestri dan Karakteristik Fisik Tanah: Potensi dan Manfaat dalam Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia.
- Kajian ini membahas bagaimana sistem agroforestri dapat meningkatkan retensi air di tanah melalui peningkatan kadar bahan organik dan struktur tanah yang lebih baik.
- Kajian tentang pengaruh praktik agroforestri di wilayah semi-arid dan peranannya dalam meningkatkan kapasitas retensi air tanah.
- Kato, T., & Tanaka, H. (2020). The impact of agroforestry on the physical properties of soil and water retention. *Soil Science Society of America Journal*, 84(6), 1492-1503.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lasco, R. D., & Pulhin, F. B. (2009). Potential of Agroforestry for Climate Change Mitigation and Livelihood Security in Southeast Asia: A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(8), 707-728.
- Lestari, S., & Widodo, W. (2017). Agroforestry systems and their effect on water retention and infiltration properties in tropical soils. *Tropical Soil Science*, 28(2), 88-95.
- Ma, L., & Li, X. (2021). Soil structure and water retention in agroforestry systems under different management practices. *Journal of Environmental Management*, 278, 111477.
- Meneliti dampak sistem agroforestri pada tanah di lahan kering, termasuk perubahan porositas dan kapasitas air tanah.
- Meneliti perubahan karakteristik fisika tanah seperti tekstur, struktur, dan porositas pada sistem agroforestri serta dampaknya terhadap kapasitas retensi air.
- Mulia, R., & Ginting, S. (2019). Enhancing soil water retention through agroforestry in dryland areas. *Agricultural Water Management Review*, 43(1), 64-73.



- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry Systems and Environmental Quality: An Overview. *Agroforestry Systems*, 86(3), 287-297.
- Nakata, M., & Suzuki, T. (2018). Soil water retention in agroforestry systems with leguminous trees. *Forest Ecology and Management*, 407, 122-130.
- Ouyang, Z., & Li, X. (2017). Impact of tree cover on soil porosity and water retention in agroforestry systems. *Journal of Hydrology*, 542, 574-583.
- Purnomo, E., & Suryanto, A. (2018). Soil physical properties and water retention in agroforestry systems with varying tree densities. *Agronomy Journal*, 110(5), 1911-1919.
- Sharma, A., & Singh, A. (2019). Influence of Agroforestry Practices on Soil Properties and Water Holding Capacity in Semi-arid Regions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(3), 215-221
- Studi ini berfokus pada dampak vegetasi kayu, seperti semak dan pohon dalam agroforestri, terhadap retensi air dan kesehatan ekosistem tanah.
- Studi ini membahas potensi agroforestri dalam adaptasi perubahan iklim melalui peningkatan bahan organik tanah yang berkontribusi pada kapasitas retensi air.
- Suryanto, P., & Suprayogi, S. (2018). Pengaruh Sistem Agroforestri terhadap Karakteristik Fisika Tanah dan Retensi Air. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 42(1), 55-63.
- Tiong, J., & Abdullah, M. (2019). Effects of agroforestry on soil porosity and water retention in hillside farming systems. *Soil & Tillage Research*, 192, 29-37.
- Van Noordwijk, M., & Lusiana, B. (2000). Soil and Water Impacts of Agroforestry Systems in the Humid Tropics. In *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, 91-110. CRC Press.
- Widiyanto, D., dan Rahmawati, N. (2020). Dampak Agroforestri terhadap Fisika Tanah di Lahan Kering. *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 10(2), 25-34.
- Young, A. (1997). *Agroforestry for Soil Management*. 2nd Edition. Wallingford: CAB International.
- Zainuddin, M., & Widiyanto, E. (2021). Agroforestry practices to enhance water retention and prevent soil erosion in the highlands. *Land Degradation & Development*, 32(8), 2735-2744.