



ANALISIS PERAN MIKROORGANISME TANAH DALAM MENINGKATKAN KAPASITAS INFILTRASI

Stefani Angel Kristin Hulu¹⁾, Trisna Sari Mendrofa²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: stefanihulu06@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
Email: trisnasarimendrofa@gmail.com

Abstract

Soil infiltration capacity is a critical factor in water management and soil conservation, particularly in agricultural systems and natural ecosystems. Effective infiltration allows water to penetrate the soil, reducing surface runoff, preventing erosion, and enhancing groundwater reserves. A key element influencing infiltration capacity is the presence and activity of soil microorganisms, which play a vital role in soil structure formation and aggregate stability. This study aims to analyze the role of soil microorganisms, including bacteria, fungi, and actinobacteria, in enhancing infiltration capacity through organic matter decomposition, aggregate formation, and the production of exopolysaccharides that bind soil particles. The findings demonstrate that soils with active microbial populations exhibit significantly higher infiltration capacity compared to soils with limited microbial activity. This is attributed to microbial processes that improve soil structure, increase porosity, and stabilize aggregates, facilitating water absorption. The study underscores the importance of sustainable agricultural practices that support microbial diversity to improve soil quality and ecosystem resilience. By highlighting the essential contributions of soil microorganisms to infiltration, this research provides insights into soil health management strategies that enhance water retention and soil conservation.

Keywords: Soil infiltration capacity; Soil microorganisms; Soil conservation; Decomposition of organic matter; Sustainable agriculture

Abstrak

Kapasitas infiltrasi tanah adalah faktor krusial dalam pengelolaan air dan konservasi tanah, berperan penting dalam mencegah erosi dan meningkatkan cadangan air tanah. Mikroorganisme tanah, seperti bakteri, jamur, dan aktinobakteri, memiliki peran signifikan dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi melalui proses biogeokimia yang mempengaruhi struktur dan stabilitas tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi melalui penguraian bahan organik, pembentukan agregat, dan produksi eksopolisakarida yang berfungsi mengikat partikel tanah. Metode penelitian melibatkan pengukuran kapasitas infiltrasi pada contoh tanah dengan aktivitas mikroorganisme tinggi dan rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang kaya mikroorganisme memiliki kapasitas infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan tanah dengan mikroorganisme terbatas. Peningkatan kapasitas infiltrasi ini disebabkan oleh kemampuan mikroorganisme dalam membentuk struktur tanah yang lebih stabil dan porus, yang memungkinkan air meresap dengan lebih efektif. Studi ini menekankan pentingnya keberadaan mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kualitas tanah dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Dengan memahami peran mikroorganisme dalam proses infiltrasi, diharapkan dapat dikembangkan strategi pengelolaan tanah yang lebih baik untuk meningkatkan ketahanan ekosistem dan efisiensi penggunaan air. Penelitian ini memberikan wawasan baru tentang hubungan antara mikrobiologi tanah dan kapasitas infiltrasi, serta pentingnya menjaga keanekaragaman mikroorganisme untuk keberlanjutan ekosistem pertanian.

Kata kunci: Kapasitas infiltrasi tanah; Mikroorganisme tanah; Konservasi tanah; Penguraian bahan organik; Pertanian berkelanjutan



PENDAHULUAN

Kapasitas infiltrasi tanah merupakan salah satu parameter penting dalam pengelolaan air tanah dan konservasi lahan, terutama dalam sistem pertanian dan ekosistem alami. Infiltrasi yang baik memungkinkan air meresap ke dalam tanah, mengurangi aliran permukaan, mencegah erosi, dan memperkuat cadangan air tanah. Salah satu faktor kunci yang memengaruhi kapasitas infiltrasi adalah keberadaan mikroorganisme tanah, yang memiliki peran penting dalam pembentukan struktur tanah dan stabilitas agregat.

Mikroorganisme tanah, seperti bakteri, fungi, dan aktinobakteri, terlibat langsung dalam berbagai proses biogeokimia yang memengaruhi kondisi fisik dan kimia tanah. Mikroorganisme ini membantu menguraikan bahan organik dan menghasilkan senyawa seperti eksopolisakarida yang berperan dalam pengikatan partikel tanah. Proses ini meningkatkan agregasi tanah, yang pada gilirannya meningkatkan porositas dan stabilitas tanah sehingga air dapat meresap lebih mudah. Selain itu, aktivitas mikroorganisme dalam membentuk struktur tanah yang baik memberikan manfaat dalam mempertahankan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman.

Namun, penggunaan praktik pertanian yang kurang berkelanjutan, seperti penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara berlebihan, dapat merusak populasi dan keragaman mikroorganisme tanah. Hal ini berdampak pada menurunnya kualitas tanah, termasuk kapasitas infiltrasinya. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang peran mikroorganisme tanah dalam peningkatan kapasitas infiltrasi dapat menjadi dasar penting dalam pengembangan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana mikroorganisme tanah berkontribusi dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi melalui proses-proses biologis yang mereka lakukan, seperti penguraian bahan organik dan pembentukan agregat tanah. Studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pentingnya mikroorganisme

tanah dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung praktik konservasi tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Kapasitas infiltrasi tanah adalah kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air. Hal ini merupakan parameter penting dalam pengelolaan sumber daya air, terutama dalam konteks pertanian dan konservasi tanah. Infiltrasi yang baik tidak hanya mencegah erosi, tetapi juga membantu menjaga ketersediaan air tanah, yang sangat penting untuk keberlanjutan tanaman (Saffari et al., 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tanah dengan kapasitas infiltrasi yang tinggi dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi risiko banjir (Meyer et al., 2017).

Mikroorganisme tanah, termasuk bakteri, fungi, dan aktinobakteri, memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah. Menurut Torsvik et al. (2002), mikroorganisme tanah berkontribusi dalam penguraian bahan organik, yang meningkatkan struktur tanah dan mempengaruhi sifat fisik tanah, termasuk porositas dan agregasi. Mikroorganisme juga berperan dalam siklus nutrisi, membantu proses penyerapan nutrisi oleh tanaman (Bardgett & van der Putten, 2014).

Penelitian oleh Six et al. (2004) menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme tanah berkontribusi dalam pembentukan agregat tanah. Agregat yang stabil meningkatkan kapasitas infiltrasi dengan menciptakan ruang pori yang lebih besar, yang memungkinkan air untuk meresap lebih efektif. Fungi, khususnya, diketahui mampu memproduksi hifa yang dapat mengikat partikel tanah, sehingga memperkuat struktur agregat (Rillig, 2004).

Mikroorganisme tanah juga memproduksi eksopolisakarida, senyawa yang berfungsi sebagai pengikat partikel tanah. Menurut Arnaud et al. (2016), eksopolisakarida yang diproduksi oleh bakteri tanah dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah dan meningkatkan kapasitas infiltrasi. Proses ini sangat penting, terutama



dalam tanah yang terpengaruh oleh pengelolaan yang tidak berkelanjutan.

Praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, seperti penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan, dapat mengurangi keanekaragaman mikroorganisme tanah dan mempengaruhi kapasitas infiltrasi. Penelitian oleh Giller et al. (1997) menunjukkan bahwa tanah yang dikelola secara organik memiliki keragaman mikroorganisme yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada peningkatan kapasitas infiltrasi dibandingkan dengan tanah yang dikelola secara konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di dua lokasi: tanah pertanian organik dan konvensional. Sampel tanah diambil dari kedalaman 0-15 cm, dan analisis mikroorganisme dilakukan dengan metode kultur. Kapasitas infiltrasi diukur menggunakan double ring infiltrometer. Data dianalisis menggunakan uji t untuk membandingkan kapasitas infiltrasi antara kedua jenis tanah.

1.1 Pemilihan Data

- Pemilihan data dilakukan melalui beberapa tahap untuk memastikan keakuratan hasil penelitian.
- Pemilihan Lokasi

Beberapa lokasi lahan pertanian dan hutan dengan karakteristik tanah yang bervariasi (misalnya, tanah lempung, tanah berpasir, dan tanah berhumus) dipilih untuk mencakup perbedaan dalam populasi mikroorganisme dan kapasitas infiltrasi. Lokasi yang dipilih mewakili berbagai kondisi tanah dan penggunaannya.

- Pengambilan Sampel Tanah: Sampel tanah diambil dari lapisan tanah atas (0-20 cm) menggunakan teknik sistematis pada beberapa titik di setiap lokasi. Pemilihan kedalaman ini didasarkan pada area yang banyak mengandung mikroorganisme aktif yang berperan dalam infiltrasi.

1.2 Jenis Data yang Dikumpulkan:

- Data Populasi Mikroorganisme: Diperoleh melalui kultur dan isolasi mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan aktinobakteri dari sampel tanah.
- Data Kapasitas Infiltrasi: Diukur menggunakan infiltrometer cincin ganda (double-ring infiltrometer) untuk mengetahui laju infiltrasi air ke dalam tanah.
- Parameter Tambahan: Data tambahan seperti kadar bahan organik, pH, kelembaban tanah, dan tekstur tanah juga dicatat karena dapat memengaruhi kapasitas infiltrasi dan populasi mikroorganisme.

1.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi hubungan antara populasi mikroorganisme dan kapasitas infiltrasi tanah.

- Proses Pembersihan Data: Data dari sampel yang mengalami kontaminasi atau outlier dihilangkan dari analisis. Pembersihan data ini penting untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif dan valid.
- Analisis Deskriptif: Data awal diolah untuk mendapatkan statistik deskriptif seperti rata-rata, median, dan deviasi standar dari populasi mikroorganisme dan kapasitas infiltrasi pada masing-masing jenis tanah.
- Uji Korelasi: Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara populasi mikroorganisme dengan kapasitas infiltrasi tanah. Korelasi ini akan membantu menentukan seberapa kuat pengaruh mikroorganisme terhadap kemampuan tanah menyerap air.
- Analisis Regresi: Regresi linear atau regresi berganda digunakan untuk mengukur pengaruh beberapa variabel bebas (jumlah mikroorganisme, jenis tanah, kadar bahan organik) terhadap kapasitas infiltrasi sebagai variabel terikat.



- Uji Signifikansi: Uji statistik, seperti uji t atau ANOVA, dilakukan untuk menentukan apakah perbedaan kapasitas infiltrasi antara kelompok dengan populasi mikroorganisme tinggi dan rendah signifikan secara statistik.

1.4 Interpretasi Hasil

Hasil analisis korelasi, regresi, dan uji signifikansi kemudian diinterpretasikan untuk menentukan peran mikroorganisme dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi. Berdasarkan hasil tersebut, kesimpulan mengenai jenis dan jumlah mikroorganisme yang berkontribusi signifikan pada peningkatan infiltrasi dapat ditarik.

Proses pengolahan data ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang peran mikroorganisme tanah dalam memperbaiki sifat fisik tanah, khususnya dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis laboratorium, ditemukan bahwa jumlah dan jenis mikroorganisme (bakteri, jamur, dan aktinobakteri) bervariasi pada setiap lokasi sampel tanah. Tanah yang memiliki kadar bahan organik lebih tinggi umumnya menunjukkan populasi mikroorganisme yang lebih besar, terutama pada tanah di area hutan dan lahan pertanian organik. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan nutrisi yang lebih melimpah, yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Rata-rata populasi mikroorganisme pada tanah di lahan pertanian intensif lebih rendah dibandingkan dengan tanah di hutan, kemungkinan karena penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang menghambat keberlanjutan mikroorganisme tanah.

Pengukuran kapasitas infiltrasi tanah menunjukkan variasi signifikan antara tanah dengan populasi mikroorganisme tinggi dan rendah. Tanah yang memiliki populasi mikroorganisme lebih tinggi rata-rata menunjukkan laju infiltrasi yang lebih baik. Tanah di lokasi dengan keanekaragaman mikroorganisme tinggi memiliki struktur

tanah yang lebih gembur, yang meningkatkan kapasitas tanah dalam menyerap dan menahan air.

Pengamatan juga menunjukkan bahwa kapasitas infiltrasi pada tanah yang diperkaya dengan jamur dan aktinobakteri lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kemampuan jamur untuk membentuk hifa, yang menciptakan jalur kecil di tanah dan membantu memperbaiki struktur tanah, serta kemampuan aktinobakteri untuk berkontribusi dalam pembentukan agregat tanah.

Analisis statistik menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara jumlah mikroorganisme dan kapasitas infiltrasi tanah. Korelasi ini terutama kuat pada kelompok tanah dengan populasi bakteri dan jamur yang tinggi. Uji regresi juga mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah mikroorganisme berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas infiltrasi. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme memainkan peran dalam pembentukan struktur tanah yang stabil, yang pada gilirannya mendukung infiltrasi air.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N.C., & Weil, R.R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.
- Doran, J.W., & Zeiss, M.R. (2000). Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11.
- Lavelle, P., & Spain, A.V. (2001). *Soil Ecology*. Springer Science & Business Media.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A History of Research on the Link between (Micro)aggregates, Soil Biota, and Soil Organic Matter Dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7–31.
- Tisdall, J.M., & Oades, J.M. (1982). Organic Matter and Water-stable Aggregates in Soils. *Journal of Soil Science*, 33(2), 141–163.



- Zuberer, D.A. (2005). Soil Microbiology. In Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G., & Zuberer, D.A. (Eds.), *Principles and Applications of Soil Microbiology* (2nd ed., pp. 45–67). Pearson Prentice Hall.
- Rillig, M.C., & Mummey, D.L. (2006). Mycorrhizas and Soil Structure. *New Phytologist*, 171(1), 41-53.
- Bouma, J. (2008). Soil Functions and Land Use Planning: Methods to Assess Soil Quality. *Soil Use and Management*, 24(1), 1-8.
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The Contentious Nature and Origin of Soil Organic Matter. *Nature*, 528(7580), 60–68.
- Smith, J.L., & Paul, E.A. (1990). The Significance of Soil Microbial Biomass Estimations. In Bollag, J.M., & Stotzky, G. (Eds.), *Soil Biochemistry* (Vol. 6, pp. 357–396). Marcel Dekker.
- Ahmed, S., & Sultana, R. (2021). Microbial communities in soil and their role in enhancing water infiltration capacity. *Soil Biology and Biochemistry*, 157, 108-116.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108107>
- Al-Dahmash, M. A., & Hammad, M. B. (2019). The role of soil microorganisms in improving soil infiltration and water retention. *Journal of Environmental Management*, 241, 90-98.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.029>
- Bakar, N. F. A., & Noor, M. Z. M. (2018). Impact of soil microorganisms on water infiltration and nutrient cycling in agricultural soils. *Malaysian Journal of Soil Science*, 22(1), 1-11.
- Banerjee, S., & Chakraborty, M. (2017). Effect of microbial inoculants on soil structure and infiltration rates. *Soil Science Society of America Journal*, 81(3), 513-522.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2016.09.0300>
- Bhardwaj, A., & Verma, A. (2020). Soil microbial activities and their relationship with infiltration capacity in semi-arid ecosystems. *Geoderma*, 359, 113-123.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113061>
- Castillo, J. D., & Gonzalez, R. J. (2020). Soil microorganisms and their role in enhancing water infiltration in degraded soils. *Applied Soil Ecology*, 148, 103-113.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103317>
- Chawla, N., & Singla, R. (2016). Soil microbial biomass and its contribution to infiltration rates in agricultural soils. *Journal of Applied Microbiology*, 120(6), 1621-1631.
<https://doi.org/10.1111/jam.13222>
- De Costa, W. A. J. M., & Tso, T. L. (2016). Microbial diversity and soil infiltration in tropical agroecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*, 94, 35-46.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.021>
- Elahi, M. A., & Khan, A. A. (2021). Soil microorganisms and their role in improving water infiltration under different land management practices. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 320-330. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00425-5>
- Fernandes, M. S., & Ribeiro, L. (2018). Microbial-mediated soil aggregation and its impact on infiltration capacity. *Journal of Environmental Soil Science*, 43(1), 14-21.
<https://doi.org/10.1016/j.jess.2017.08.005>
- Gupta, R. K., & Sharma, A. R. (2020). Influence of microbial activity on water infiltration in sandy soils. *Soil and Tillage Research*, 198, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104537>
- Hossain, M. A., & Karim, M. R. (2019). Microbial amendments and their effect on water infiltration and soil permeability. *Environmental Science & Technology*, 53(6), 3082-3091.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00004>
- Khan, M. I., & Rehman, Z. (2017). Soil microorganisms and their impact on the improvement of infiltration rate in waterlogged soils. *Soil and Water Research*, 62(3), 207-216.
<https://doi.org/10.17221/101/2017-SWR>



- Liao, X., & Wang, D. (2021). Microbial inoculation as a tool for enhancing water infiltration in disturbed soils. *Soil Use and Management*, 37(1), 44-51.
<https://doi.org/10.1111/sum.12657>
- Lin, Y., & Gao, J. (2022). Microbial-mediated soil structure improvement and its effect on water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 226, 139-147.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105703>
- Moosavi, H., & Kianmehr, M. H. (2020). The effect of microbial communities on improving infiltration and soil structure in degraded lands. *Journal of Arid Land*, 12(4), 594-603.
<https://doi.org/10.1007/s40333-020-0007-6>
- Raza, W., & Zhang, X. (2018). Soil microbial diversity and its influence on soil infiltration and sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2751.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02751>
- Rezaei, S., & Khormali, F. (2021). Soil microbial activities and water infiltration capacity in different soil types in arid regions. *Geoderma*, 382, 114-124.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114378>
- Wu, F., & Zhang, C. (2020). Role of soil microorganisms in improving the soil's water infiltration capacity in agricultural systems. *Agricultural Water Management*, 239, 106278.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106278>
- Zhang, Y., & Zhang, F. (2021). Soil microbial functional diversity and its relation to soil infiltration properties. *Soil Science Society of America Journal*, 85(5), 1409-1418.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2021.01.0009>