



Peran Mikrobioma Tanah dalam Peningkatan Produktivitas dan Ketahanan Tanaman

Ida Astina Laia ^{1*}, Natalia Kristiani Lase ²

^{1,2} Universitas Nias, Indonesia

Email : kaidaastinalaia@gmail.com *

Abstrack, Global food demand continues to increase, but over-farming without considering environmental sustainability has led to land degradation. This can result in decreased crop yields. However, this problem can be solved by applying environmentally friendly farming methods using beneficial microbiomes that can improve soil health and increase crop productivity. This research aims to explore the role of the soil microbiome in enhancing crop productivity and crop resilience to biotic and abiotic stresses and supporting soil health, which enables the use of eco-agricultural approaches to solve these problems. This research utilizes the literature review technique, which involves analyzing, summarizing, evaluating and synthesizing documents from various references. This method aims to improve our understanding of how microorganisms promote plant growth in degraded soils. The results show that soil microbes improve soil quality and control plant diseases. Crop production on marginal lands can be sustainably increased with the use of the microbiome. In addition, the microbiome helps sustainable agriculture by reducing our dependence on synthetic chemicals, reducing environmental pollution and supporting food security worldwide, and supporting food security worldwide.

Keywords: Soil Microbiome, Crop Productivity, Crop Resilience, Soil Microorganisms Interaction with Plants

Abstrak, Kebutuhan pangan global terus meningkat, tetapi pertanian yang berlebihan tanpa mempertimbangkan kelestarian lingkungan menyebabkan lahan semakin rusak. Ini dapat mengakibatkan penurunan hasil tanaman. Namun, masalah ini dapat diselesaikan dengan menerapkan metode pertanian yang ramah lingkungan dengan menggunakan mikrobioma yang bermanfaat dan mampu meningkatkan kesehatan tanah serta meningkatkan produktivitas tanaman pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran mikrobioma tanah dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik serta mendukung kesehatan tanah, yang memungkinkan penggunaan pendekatan pertanian ramah lingkungan untuk memecahkan masalah ini. Penelitian ini menggunakan teknik tinjauan literatur, yang melibatkan analisis, ringkasan, evaluasi, dan sintesis dokumen dari berbagai referensi. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang bagaimana mikroorganisme mendorong pertumbuhan tanaman di tanah yang terdegradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba tanah meningkatkan kualitas tanah dan mengendalikan penyakit tanaman. Produksi tanaman pada lahan marginal dapat ditingkatkan secara berkelanjutan dengan penggunaan mikrobioma. Selain itu, mikrobioma membantu pertanian berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan kita pada bahan kimia sintetis, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendukung ketahanan pangan di seluruh dunia.

Kata kunci: Mikrobioma Tanah, Produktivitas Tanaman, Ketahanan Tanaman, Interaksi Mikroorganisme Tanah dengan Tanaman

1. PENDAHULUAN

Permintaan produksi pertanian diperkirakan akan meningkat sebesar 70% pada tahun 2050, menurut laporan para ahli (P. Bandyopadhyay dkk, 2017). Kebutuhan akan makanan di seluruh dunia terus meningkat, tetapi sistem budidaya anorganik yang terus menerus akan berdampak pada tanah yang semakin rusak, lahan yang terdegradasi akan berakibat pada hasil tanaman tanaman yang semakin sedikit. (Dita & Simarmata, (2024) Menyatakan masalah ini dapat diselesaikan dengan menerapkan metode pertanian yang ramah lingkungan dengan menggunakan mikrobioma yang bermanfaat dan mampu meningkatkan kesuburan serta hasil

tanaman. Istilah dari mikrobioma sendiri adalah makhluk hidup yang membentuk kelompok dan bergantung pada makhluk lainnya seperti pada bagian tanaman di bawah tanah, di atas tanah, ataupun pada jaringan tanaman (Haney, C. H., & Ausubel, F. M. 2015). Sebagai bagian dari makhluk hidup, mikroba berguna atau mikroorganisme efektif dalam memainkan peran penting dalam menunjang pertanian ramah lingkungan melalui beragam tahapan misalnya penguraian senyawa organik, pengikatan unsur hara, pelarutan nutrisi, serta proses oksidasi amonium dan reduksi nitrat. Pada sistem pertanian berstandar organik, mikroba berperan menjadi penyuplai unsur nutrisi, tanah berfungsi sebagai terjadinya proses anabolisme, dan produk aktivitas mikroba menjadi sumber utama pemenuhan nutrisi tanaman. Di negara Eropa terutama Amerika, mikroorganisme perombak dinilai berperan tinggi pada tanah, sehingga digunakan sebagai bagian parameter dalam mengukur kandungan yang terdapat dalam tanah. (Karlen dkk, 2006) juga menyatakan jumlah perombak tanah akan berbanding lurus dengan hasil biokimia dalam tanah serta hasil akhir kualitas tanah yang kaya akan unsur hara. Mikroorganisme yang menguntungkan juga dipandang sebagai faktor penilaian dari sistem pertanian berstandar organik.

Beberapa jenis mikroorganisme dapat digolongkan sebagai mikrobioma tanah yaitu seperti fungi, bakteri, virus, protozoa, dan organisme lainnya G. Berg dkk (2016). Selain dari penguraian bahan organik mikroorganisme juga mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperbaiki struktur tanah, dan memperkuat ketahanan tanaman terhadap patogen serta stres lingkungan (Agus Suprpto dkk, 2024). Organisme perombak memiliki manfaat tinggi bagi tanaman. Mikrobioma ini memiliki berbagai peran penting yang menguntungkan bagi tanaman, seperti meningkatkan pertumbuhan tanaman, resistensi terhadap hama dan penyakit, dan mendukung kesuburan tanaman serta perkembangbiakan organisme tanah (Dita & Simarmata, 2024).

Penggunaan mikroorganisme perombak yang disesuaikan pada lahan tertentu bertujuan pada penggunaannya dapat menjadi cara dalam mendukung nutrisi dalam tanah, pemeliharaan serta perawatan yang efisien, peningkatan produktivitas, serta ramah lingkungan dan berkelanjutan. (Saraswati & Sumarno, 2008) mengungkapkan bahwa penggunaan mikroorganisme tanah dapat memperoleh berbagai keuntungan, misalnya (1) meningkatkan nutrisi tanah dan menyebabkan tanaman resistensi pada hama dan penyakit (2) merangsang perkembangan dan memperpanjang umur akar tanaman (3) merangsang sistem jaringan pada meristem ujung, bakal bunga, serta pada akar yang merambat (4) bertindak sebagai penetralisir zat toxic (5) berfungsi dalam mengatur hormon pertumbuhan dan (6) berperan dalam penguraian. Sejalan dengan itu (Saraswati & Sumarno, 2008) yang menyatakan

mikroorganisme memiliki fungsi antara lain (1) menyuplai nutrisi tanaman (2) menguraikan zat organik (3) bakteri rhizobium yang mendorong pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan protein katalitik serta meningkatkan resistensi akan hama dan penyakit (4) berperan sebagai biokatalisator dan mencegah hama dan penyakit. (Yoshida, T. 1978) pada penelitiannya menyatakan berbagai proses kimiawi tanah berlangsung dengan adanya mikroorganisme perombak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran mikrobioma tanah dalam meningkatkan produktivitas tanaman serta ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik. Penelitian ini akan menyoroiti mekanisme interaksi mikrobioma dengan tanaman, termasuk fiksasi nitrogen, pembentukan simbiosis, serta perlindungan terhadap patogen dan faktor lingkungan yang merugikan.

Kajian ini dapat memberikan gambaran pentingnya mikroorganismes tanah yang dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan dan produktivitas tanaman secara lebih alami dan berkelanjutan. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pertanian yang lebih ramah lingkungan, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, serta meningkatkan ketahanan pangan global.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif melibatkan penggunaan deskripsi bahasa atau kata-kata untuk memahami sesuatu dalam penelitian. Jenis penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur, yang melibatkan analisis, ringkasan, evaluasi, dan sintesis dokumen dari bermacam referensi untuk menyampaikan pengetahuan yang menyeluruh tentang peran mikroorganisme dalam mendukung pertumbuhan tanaman di lahan gambut yang terdegradasi. Pengumpulan data dilakukan menggunakan kajian literatur dengan membandingkan informasi dari berbagai referensi. Dalam penelitian ini, data sekunder digunakan dan diperoleh dari beragam sumber informasi. Sumber data sekunder untuk penelitian ini adalah jurnal nasional dan internasional (Pusvita et al., 2024)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Biokatalisator yang merupakan mikroorganisme tanah terbukti mampu mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), mendukung tahapan pengolahan dan produksi hasil tanaman (Jumadi et al., 2021). Bakteri merupakan jenis mikroorganisme yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme yang bermanfaat. Salah satu kontribusi utamanya adalah membantu menyuplai nutrisi penting tanah

dan tanaman, seperti unsur N dan P. (Bhattacharjee et al., 2008) berpendapat bahwa kelompok bakteri Rhizobia memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen dari udara dan membentuk nodul akar pada tanaman legum melalui proses simbiosis. Vessey (2003) juga menyatakan Bakteri Azotobacter dan Azospirillum juga memiliki kemampuan menambat nitrogen dan bersimbiosis dengan tanaman, sehingga berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman (Selain itu, beberapa kelompok bakteri seperti Bacillus subtilis dan B. polymyxa memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat dalam tanah yang tidak ada bagi tanaman menjadi wujud yang dapat digunakan. Mekanisme ini, seperti pelarutan unsur P dari bahan organik seperti fitat, berperan dalam meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman (Richardson et al., 2009). Beberapa penelitian juga menyoroti pentingnya bakteri indigenous seperti Azotobacter sebagai pupuk hayati untuk tanaman lokal, seperti padi gogo, pada lahan marjinal. Bakteri ini mampu beradaptasi dilingkungan yang kurang subur dan dapat berfungsi sebagai sumber nitrogen dan fosfor bagi tanaman, (Nurmas et al., 2014). (Sari et al., 2018) bakteri pelarut fosfat (BPF) juga berhasil dieksplorasi dari lahan gambut terdegradasi akibat kebakaran di suatu wilayah, menunjukkan potensi dalam meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman di lingkungan yang terdegradasi. Secara keseluruhan, pemanfaatan berbagai kelompok bakteri, seperti Rhizobia, Azotobacter, dan BPF, memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman pada lahan terdegradasi dan marginal. Penggunaan bakteri ini sebagai biofertilizer dan PGPR telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga berkontribusi pada pembangunan hutan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan Hajoeningtjas, O. D. (2023).

Menurut penelitian Arwiyanto et al., (2007) menunjukkan kemampuan bakteri dalam mengatasi mikro parasit secara terkontrol dapat mengurangi perkembangan penyakit di lapangan. (Diarta dkk, 2016) menjelaskan bahwa Bacillus tipe mencegah pertumbuhan jamur busuk akar berkat zat antibakteri berperan dalam merusak dinding sel organisme parasit. (Butarbutar et al., 2018) juga melaporkan bahwa bakteri tersebut ampuh untuk mencegah penyakit daun atau pustul daun pada kedelai yang disebabkan oleh Xanthomonas campestris pv. glycines. (Rahmawati et al., 2023) juga mendeskripsikan mikroorganisme memiliki kemampuan dalam mengganti peran bahan sintesis dan bahan organik tanaman karena sifatnya yang kembali ke alam dan diakui meningkatkan pertumbuhan bagi tanaman. Sejalan dengan Soesanto L. (2017) juga menyatakan pemanfaatan bahan kimia berisiko tinggi karena merusak tanah dan lingkungan serta memicu resistensi organisme parasit. Oleh karena itu, Pertanian di Indonesia di usakan berstandar organik dan bebas dari bahan kimia sehingga perlu di manfaatkan mikroorganisme sebagai perombak alami tanah.

Berbagai jenis bakteri rizosfer yang hidup di sekitar akar tanaman dapat mendukung pertumbuhan tanaman sering disebut sebagai Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman (RPPT). Genus-genus yang termasuk dalam RPPT antara lain *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, dan *Pseudomonas* (Biswas dkk, 2000). Bakteri pemacu pertumbuhan secara langsung menghasilkan fitohormon yang dapat merangsang proses pertumbuhan. Peningkatan pertumbuhan tanaman dapat tercapai ketika rizobakterium memproduksi metabolit yang berfungsi sebagai fitohormon, yang secara langsung mendorong pertumbuhan tanaman. Maor, R (2004) Metabolit yang dihasilkan selain berupa fitohormon, juga antibiotik, siderofor, sianida, dan sebagainya. Fitohormon atau hormon tumbuh yang diproduksi dapat berupa elongasi sel, pemajangan batang, pembelahan sel, pematangan buah dan zat penghambat pertumbuhan.

FMA adalah jenis mikroba endofit yang hidup dalam simbiosis pada sistem perakaran membentuk struktur khusus yang disebut mikoriza. Mikoriza berfungsi sebagai perpanjangan akar tanaman yang dapat meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfor, dari tanah. Pada proses revegetasi lahan terdegradasi, CMA memiliki peran penting dalam mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan kualitas serta daya hidup tanaman kehutanan pada lahan-lahan yang miskin unsur hara Smith dan Read (2008). Di sisi lain, bakteri penambat nitrogen, seperti *Bradyrhizobium* dan *Rhizobium*, juga menjadi kunci dalam keberhasilan rehabilitasi lahan terdegradasi. Bakteri ini hidup di dalam akar tanaman legum dan membentuk nodul yang berfungsi untuk mengubah N yang di peroleh dari udara menjadi dapat digunakan tanaman. Proses ini meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman legum pada lahan yang miskin nitrogen (Giller, 2001). Beberapa penelitian telah menunjukkan keberhasilan pemanfaatan CMA dan bakteri *Bradyrhizobium/Rhizobium* dalam memperbaiki lahan marginal dan mengembalikan produktivitasnya (Hajoeningtjas, 2023).

Secara umum, mikroorganisme memiliki kemampuan menguraikan selulosa juga memiliki kemampuan untuk menguraikan hemiselulosa. Kelompok jamur menunjukkan aktivitas dekomposisi yang berbeda, memungkinkan bahan organik tanah kompleks terurai menjadi senyawa organik sederhana yang berperan sebagai kapasitas tukar kation dasar untuk menyimpan dan melepaskan nutrisi tanaman. Mikroba pengurai bahan organik meliputi *Trichoderma reesei*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Cellulomonas*, *Pseudomonas*, *Thermospora*, *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Penicillium*, dan *Streptomyces* (Saraswati & Sumarno, 2008). Secara umum jamur pengurai bahan mempunyai keunggulan dibandingkan dengan mikroorganisme dalam mendegradasi tanaman sisa. Sesuai dengan

penelitian Nurbaity et al. (2007), bahan organik yang di manfaatkan segai pupuk merupakan ekstrak mikroorganime yang di aplikasikan ke tanah dalam mendukung nutrisi tanaman. Jamur mikoriza arbuskula di jelaskan memiliki interaksi yang baik dengan bahan organik dalam tanah, termasuk di lahan yang terdegradasi. pemnfaatan fosfat dan bahan organik dilaporkan dapat meningkatkan absorpsi fosfor (P) serta budidaya kentang (Marbun et al., 2015). Pada lahan bertekstur berpasir, pemberian pupuk hayati sangat penting untuk mengubah tekstur dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air Simanjuntak dkk, (2013), yang pada akhirnya berdampak positif terhadap produktivitas tanaman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian diperoleh kesimpulan bahwa mikrobioma tanah terdiri dari mikroorganime seperti virus, dan protozoa bakteri dan jamur yang memiliki peran penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, produktivitas tanaman, serta ketahanan tanaman terhadap patogen dan stres lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa mikroba tanah tidak hanya berperan dalam meningkatkan kualitas tanah, tetapi juga sebagai agen pengendali hayati untuk mengurangi penyakit tanaman. Dengan penggunaan mikrobioma, produktivitas tanaman pada lahan marginal dapat ditingkatkan secara berkelanjutan. Selain itu, mikrobioma berkontribusi dalam pembangunan pertanian berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mendukung ketahanan pangan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Suprpto, S. P., MP, I., Rohmatin Agustina, S. P., Prnatayana, I. B. G., SP, M., Imansyah, A. A., & SP, M. (2024). Mikrobiologi Pertanian. CV Rey Media Grafika.
- Arwiyanto, T., Asfanudin, R., Wibowo, A., Martoredjo, T., & Dalmadiyo, G. (2007). Penggunaan Bacillus isolat lokal untuk menekan penyakit lincat tembakau Temanggung. *Berkala Penelitian Hayati*, 13, 79–84.
- Berg, G., Rybakova, D., Grube, M., & Köberl, M. (2016). The plant microbiome explored: Implications for experimental botany. *Journal of Experimental Botany*, 67, 995–1002.
- Bhattacharjee, R. B., Singh, A., & Mukhopadhyay, S. N. (2008). Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertiliser for non-legumes: Prospects and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(2), 199–209.
- Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G., & Rolfe, B. G. (2000). Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agronomy Journal*, 92, 880–886.

- Diarta, I. M., Javandira, C., & Widnyana, I. K. (2016). Antagonistik bakteri *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. terhadap jamur akar *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu tanaman tomat. *Jurnal Bakti Saraswati*, 5(1), 70–76.
- Dita, L. A., & Simarmata, T. (2024). Literature review: Rekayasa mikrobioma rizosfer untuk meningkatkan kesehatan tanah dan produktivitas tanaman pangan dalam mendukung pertanian berkelanjutan. *Literature Review: Rhizosphere Microbiome Engineering to Improve Soil Health and Crop Productivity*.
- Giller, K. E. (2001). *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*. CAB International.
- Hajoeningtjas, O. D. (2023). Potensi mikroorganisme lokal pada reklamasi lahan terdegradasi sebagai pendukung terwujudnya ketahanan pangan nasional. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 5. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v5i.747>.
- Haney, C. H., & Ausubel, F. M. (2015). Plant microbiome blueprints. *Science*, 349, 788–789.
- Karlen, D. L., Hurley, E. G., & Mallarino, A. P. (2006). Crop rotation on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. *Agronomy Journal*, 98, 484–495.
- Marbun, S., Sembiring, M., & Bintang. (2015). Aplikasi pelarut fosfat dan bahan organik untuk meningkatkan serapan P dan pertumbuhan kentang pada Andisol terdampak erupsi gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), 1651–1658.
- Nurmas, I. A. S., Widowati, L. R., & Mawarni, L. (2014). Uji potensi *Pseudomonas* sp. yang diisolasi dari rizosfer tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.) asal Lae Butar, Sulawesi Tenggara sebagai pupuk hayati. *Jurnal Agroindustri*, 4(2), 28–36.
- P. Bandyopadhyay, P., Bhuyan, S. K., Yadava, P. K., Varma, A., & Tuteja, N. (2017). Emergence of plant and rhizospheric microbiota as stable interactomes. *Protoplasma*, 254(2), 617–626. <https://doi.org/10.1007/s00709-016-1003-x>.
- Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M., & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*, 321(1–2), 305–339.
- Saraswati, R., & Sumarno. (2008). Pemanfaatan mikroba penyubur tanah sebagai komponen teknologi pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*, 3(1), 41–58.
- Sari, T. L., Efri, M., & Harlia, E. (2018). Potensi bakteri pelarut fosfat pada lahan gambut terdegradasi akibat kebakaran. *Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 5(2), 64–69.
- Simanjuntak, A., Rosanty, R. & Purba, E. (2013). Respon pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemberian pupuk NPK dan kompos kulit kopi. *J. Online Agroekoteknol.*, 1(3), 362-373.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press.
- Soesanto, L. (2017). *Pengantar Pestisida Hayati Adendum Metabolit Sekunder Agensi Hayati*. PT RajaGrafindo Persada.

- Vessey, J. K. (2003). Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586.
- Yoshida, T. (1978). Microbial metabolism in rice soils. In *Soil and Rice* (pp. 445–463). IRRI.
- Zahrani, D. A. (2022). Bahaya begadang terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Berkala*, 4(1), 7–12. <https://doi.org/10.32585/jikemb.v4i1.2132>.