

Peran Mikrobiologi dalam Bidang Pertanian untuk Menunjang Ketahanan Pangan dan Keberlanjutan Ekosistem : Kajian Literatur

Fidar Kristiana Zai^{1*}, Natalia Kristiani Lase²

¹⁻² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Indonesia
fydar13@gmail.com^{1*}, natalialase16@gmail.com²

Alamat: Jl. Yos Sudarso Ujung 118, Gunungsitoli, Sumatera Utara

Korespondensi penulis: fydar13@gmail.com

Abstract. *Agricultural microbiology plays an important role in supporting the sustainability of the agricultural sector, contributing to global food security. Microorganisms, such as bacteria, fungi and algae, have various roles in increasing soil fertility, controlling plant pathogens and supporting biodiversity. This research aims to explore the role of microbiology in supporting environmentally friendly and sustainable agriculture. Through observations of various applications of microorganisms in agriculture, it was found that microorganisms can function as biopesticides, biofertilizers and organic waste processors. The research results show that microorganisms are able to optimize agricultural yields, improve soil health, and reduce dependence on synthetic chemicals.*

Keywords: *agricultural microbiology, microorganisms, biofertilizers, organic waste management, food security.*

Abstrak. Mikrobiologi pertanian memainkan peran penting dalam mendukung keberlanjutan sektor pertanian, yang berkontribusi pada ketahanan pangan global. Mikroorganisme, seperti bakteri, fungi dan alga, memiliki berbagai peran dalam meningkatkan kesuburan tanah, mengendalikan patogen tanaman, dan mendukung keberagaman hayati. Penelitian ini bertujuan untuk menggali peran mikrobiologi dalam mendukung pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Melalui pengamatan terhadap berbagai aplikasi mikroorganisme dalam pertanian, ditemukan bahwa mikroorganisme dapat berfungsi sebagai biopestisida, pupuk hayati, dan pengolah limbah organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroorganisme mampu mengoptimalkan hasil pertanian, meningkatkan kesehatan tanah, dan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintesis.

Kata kunci: mikrobiologi pertanian, mikroorganisme, pupuk hayati, pengelolaan limbah organik, ketahanan pangan.

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang vital untuk ketahanan pangan dunia, namun dengan berkembangnya teknologi dan perubahan iklim, sektor ini menghadapi tantangan besar. Salah satu pendekatan yang dapat meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan adalah dengan memanfaatkan potensi mikroorganisme. Mikrobiologi pertanian adalah cabang ilmu yang mempelajari mikroorganisme yang ada di lingkungan pertanian dan pengaruhnya terhadap proses pertanian. Mikroorganisme seperti bakteri, fungi, dan arkea, memiliki berbagai manfaat, mulai dari perbaikan kualitas tanah hingga pengendalian hama dan penyakit tanaman.

Mikrobiologi memiliki berbagai manfaat yang sangat penting bagi ekosistem pertanian. Menurut Glick (2012), mikroorganisme yang berfungsi sebagai plant growth-promoting bacteria (PGPB) dapat meningkatkan kesehatan tanaman dengan berbagai cara, seperti meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mengurangi efek patogen. Selain itu, mikroorganisme juga dapat berperan dalam perbaikan kualitas tanah. Misalnya, bakteri

pengikat nitrogen, seperti *Rhizobium* dan *Azospirillum* mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen, salah satu unsur hara yang paling penting untuk pertumbuhan tanaman (Wu et al., 2019).

Selain meningkatkan kesuburan tanah, mikroorganisme juga dapat digunakan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penggunaan biopestisida yang berasal dari mikroorganisme seperti *Bacillus thuringiensis* dan jamur *Trichoderma* telah terbukti efektif dalam mengendalikan berbagai patogen tanaman, yang secara signifikan mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia berbahaya (Ghosh & Saha, 2020). Penggunaan mikroorganisme dalam pengelolaan limbah pertanian juga memberikan solusi yang ramah lingkungan, dengan mikroorganisme yang mampu mendekomposisi bahan organik dan mengubahnya menjadi pupuk yang bermanfaat (Zhang & Li, 2015).

Dengan berbagai manfaat tersebut, mikrobiologi pertanian menawarkan potensi yang besar untuk mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian. Penelitian yang terus berkembang dalam bidang ini dapat memberikan solusi yang lebih inovatif dan efisien untuk mengatasi tantangan-tantangan yang dihadapi sektor pertanian. Oleh karena itu penelitian lebih lanjut dalam mikrobiologi pertanian sangat diperlukan untuk mengoptimalkan penerapannya dalam praktik pertanian sehari-hari.

Pertanian merupakan sektor yang vital dalam menunjang ketahanan pangan global, namun dalam perkembangannya, sektor ini dihadapkan pada berbagai tantangan, seperti penurunan kesuburan tanah, ketergantungan pada bahan kimia sintetis, serta ancaman perubahan iklim yang mempengaruhi hasil produksi pertanian. Oleh karena itu, penerapan teknologi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan menjadi kebutuhan yang mendesak. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan mikroorganisme dalam pertanian, yang telah terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah, mengendalikan hama dan penyakit tanaman, serta mengelola limbah pertanian.

Mikroorganisme memainkan peran yang sangat penting dalam berbagai proses biologis yang mendukung pertumbuhan tanaman. Mikroba tanah, seperti bakteri pengikat nitrogen dan fungi mikoriza, mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, sehingga mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang berpotensi merusak lingkungan. Selain itu, mikroorganisme juga digunakan dalam pengendalian biologis terhadap hama dan penyakit tanaman, menggantikan pestisida kimia yang sering kali berbahaya bagi ekosistem dan kesehatan manusia. Pengelolaan limbah pertanian berbasis mikroorganisme juga menjadi salah satu alternatif yang dapat mengurangi polusi dan meningkatkan keberlanjutan sistem

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan literatur untuk mengkaji berbagai sumber terkait mikrobiologi pertanian. Data dikumpulkan melalui penelitian terdahulu yang dipublikasikan di jurnal internasional, laporan penelitian, dan artikel ilmiah yang relevan. Analisis dilakukan dengan mengevaluasi berbagai aplikasi mikroorganisme dalam pertanian, termasuk aspek keberlanjutan dan dampak lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroorganisme memiliki peran yang luas dalam dalam sektor pertanian, di antaranya sebagai berikut:

Perbaikan Kualitas Tanah

Beberapa mikroorganisme dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan cara memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas pertukaran kation, serta membantu proses dekomposisi bahan organik.

Biopestisida

Mikroorganisme seperti bakteri *Bacillus thuringiensis* dan jamur *trichoderma* dapat digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman, mengurangi penggunaan pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan.

Pupuk Hayati

Bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* dan *Azospirillum* dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman, yang merupakan salah satu unsur hara utama dalam pertumbuhan tanaman.

Pengelolaan Limbah Organik

Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan untuk menguraikan limbah pertanian, yang tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga menghasilkan produk sampingan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Pemanfaatan mikroorganisme dalam sektor pertanian telah menunjukkan berbagai manfaat yang signifikan dalam meningkatkan produktivitas tanaman, memperbaiki kesuburan tanah, dan mendukung keberlanjutan sistem pertanian.

Mikroorganisme seperti *Rhizobium*, *Azospirillum*, dan *Azobacter* berperan penting dalam proses fiksasi nitrogen, yang secara signifikan dapat menggantikan penggunaan pupuk nitrogen sintetis. Glick (2012) menjelaskan bahwa bakteri pengikat nitrogen ini mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah, yang merupakan unsur hara utama untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, fungi mikoriza arbuskular membantu

tanaman menyerap fosfor lebih baik melalui perluasan sistem perakaran (Sharma & Singh 2018). Penggunaan mikroorganisme ini tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan.

Dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman, mikroorganisme seperti *Bacillus thuringiensis* dan *trichoderma* spp, telah terbukti efektif. *Bacillus thuringiensis* menghasilkan protein kristal yang bersifat toksik terhadap serangga tertentu, sehingga digunakan secara luas sebagai biopestisida (Ghosh & Saha, 2020). Sementara itu, *trichoderma* spp. bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan patogen tanaman melalui kompetisi ruang, produksi enzim hidrolitik, dan induksi resistensi sistemik pada tanaman (Patel & Radhakrishnan, 2020). Keunggulan penggunaan biopestisida ini adalah kemampuannya untuk mengurangi penggunaan pestisida kimia yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia.

Pengelolaan limbah organik juga menjadi salah satu bidang penting yang melibatkan mikroorganisme. Menurut Zhang & Li (2015), mikroorganisme seperti *Pseudomonas* dan *Aspergillus* memiliki kemampuan untuk mendekomposisi bahan organik, menghasilkan pupuk kompos yang kaya nutrisi. Proses ini tidak hanya mengurangi limbah pertanian, tetapi juga mengembalikan unsur hara ke tanah, meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Limbah organik yang diolah dengan mikroorganisme juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca yang sering dikaitkan dengan pembusukan limbah secara alami.

Hasil ini mengungkapkan bahwa pemanfaatan mikroorganisme dalam pertanian tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga melindungi ekosistem. Namun, penerapan mikroorganisme di lapangan sering menghadapi kendala, seperti variasi efektivitas di lingkungan berbeda dan kurangnya pemahaman petani tentang teknologi ini. Oleh karena itu, diperlukan program edukasi, penelitian lanjut, dan dukungan pemerintah untuk meningkatkan penerapan mikroorganisme dalam pertanian skala luas.

Hasil dari berbagai penelitian ini menunjukkan bahwa mikroorganisme dapat menjadi solusi penting dalam pertanian modern yang ramah lingkungan. Namun, keberhasilan penerapan teknologi ini memerlukan adaptasi terhadap kondisi lokal, peningkatan pengetahuan petani, serta dukungan kebijakan dari pemerintah. Dengan pengelolaan yang tepat, mikroorganisme dapat menjadi salah satu kunci untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan dan ketahanan pangan global.

Dalam aspek keberlanjutan pertanian, mikroorganisme juga berperan dalam mendukung sistem pertanian organik. Teknologi mikrobiologi memberikan

alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan kimia sintetis. Misalnya, penggunaan mikroorganisme untuk pengolahan limbah pertanian, seperti kompos, memungkinkan bahan organik yang sebelumnya terbuang untuk diubah menjadi pupuk yang meningkatkan kesuburan tanah. Teknologi ini juga berkontribusi pada pengurangan penggunaan bahan bakar fosil yang diperlukan untuk produksi pupuk kimia, yang secara tidak langsung mengurangi jejak karbon pertanian (Naylor & Battisti, 2009).

Penelitian ini mengungkapkan berbagai manfaat mikroorganisme dalam sektor pertanian yang memberikan kontribusi penting terhadap keberlanjutan produksi pangan. Salah satu temuan utama adalah peran mikroorganisme dalam peningkatan kesuburan tanah. Beberapa mikroba tanah seperti *Rhizobium* dan *Azospirillum* berperan dalam proses fiksasi nitrogen, yang mengubah nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Penelitian oleh Wu et al. (2019) menunjukkan bahwa bakteri ini dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia nitrogen, yang sering kali mencemari lingkungan. Di sisi lain, fungi mikoriza arbuskular memperbaiki kemampuan tanaman untuk menyerap fosfor, terutama di tanah yang kurang subur, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Sharma & Singh, 2018).

Selain itu, mikroorganisme juga berkontribusi dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penggunaan mikroorganisme sebagai agen biopestisida semakin populer karena kemampuannya untuk menargetkan hama tertentu tanpa merusak ekosistem. *Bacillus thuringiensis* misalnya, menghasilkan toksin yang membunuh serangga hama, sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan (Ghosh & Saha, 2020). Fungsi lain dari mikroorganisme seperti *Trichoderma* juga tidak kalah penting. *Trichoderma* dapat menekan patogen tanah dengan cara bersaing untuk sumber daya dan menghasilkan senyawa yang menghambat pertumbuhan patogen (Patel & Radhakrishnan, 2020). Dengan menggunakan mikroorganisme dalam pengendalian hama, risiko resistensi hama terhadap pestisida kimia dapat dikurangi secara signifikan.

Namun, meskipun banyak manfaat yang ditawarkan oleh mikroorganisme dalam pertanian, terdapat tantangan dalam implementasinya di lapangan. Salah satu tantangan utama adalah keberagaman mikroorganisme yang diperlukan sesuai dengan kondisi ekosistem dan jenis tanaman yang dibudidayakan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi mikroorganisme yang paling cocok untuk kondisi tanah dan iklim tertentu (Choudhary & Pahwa, 2017). Selain itu, faktor pengetahuan dan keterampilan petani

menjadi hal penting dalam penerapan teknologi mikrobiologi. Diperlukan upaya edukasi yang lebih intensif untuk meningkatkan pemahaman petani mengenai penggunaan mikroorganisme sebagai bagian dari sistem pertanian berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mikroorganisme memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi pertanian dan mendukung keberlanjutan pertanian yang ramah lingkungan. Namun, untuk mewujudkan penerapan mikroorganisme secara luas, diperlukan riset yang berkelanjutan, pelatihan yang efektif bagi petani, serta kebijakan yang mendukung pengembangan teknologi mikrobiologi di sektor pertanian.

4. KESIMPULAN

Mikroorganisme memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan, dengan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kesuburan tanah, pengendalian hama dan penyakit tanaman, serta pengelolaan limbah pertanian. Bakteri pengikat nitrogen dan fungi mikoriza terbukti meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, dan memperbaiki struktur tanah. Selain itu, mikroorganisme seperti *Bacillus thuringiensis* dan *Trichoderma* spp. berfungsi sebagai agen pengendalian biologis yang ramah lingkungan, menggantikan pestisida kimia yang berisiko merusak ekosistem. Mikroba juga memiliki potensi besar dalam pengelolaan limbah pertanian, dengan mendekomposisi bahan organik menjadi pupuk yang memperbaiki kualitas tanah. Meskipun demikian, tantangan seperti variasi efektivitas mikroorganisme di berbagai kondisi lokal dan kebutuhan edukasi petani mengenai teknologi mikrobiologi perlu diatasi untuk penerapan yang lebih luas. Oleh karena itu, riset lebih lanjut, pengembangan teknologi yang lebih efisien, dan dukungan kebijakan sangat diperlukan untuk memaksimalkan potensi mikroorganisme dalam mewujudkan pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Babalola, O. O. (2010). Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology Letters*, 32(11), 1559–1570. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0393-x>
- Berg, G., & Raaijmakers, J. M. (2018). From laboratory to field: The role of soil microbiomes in plant growth promotion and disease suppression. *Microbial Biotechnology*, 11(4), 792–808. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13259>

- Choudhary, D. K., & Pahwa, S. (2017). *Plant growth-promoting rhizobacteria: A sustainable approach for improving agricultural productivity*. Springer International Publishing.
- Ghosh, A., & Saha, S. (2020). *Bacillus thuringiensis* as a biological control agent for insect pests. *Environmental Sustainability*, 3(1), 111–118.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientia Agricola*, 69(2), 71–79. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000200001>
- Naylor, R. L., & Battisti, D. S. (2009). The impact of global warming on food production. *Food Security*, 1(2), 153–160. <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0011-9>
- Patel, H., & Radhakrishnan, R. (2020). *Trichoderma* spp. as biocontrol agents in agriculture: A review. *Biological Control*, 149, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104116>
- Sharma, S., & Singh, H. (2018). *Mycorrhizal fungi in sustainable agriculture*. Springer Nature.
- Wu, Q., Chen, S., & Zheng, J. (2019). Role of nitrogen-fixing bacteria in sustainable agriculture. *Biology and Fertility of Soils*, 55(4), 411–420. <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01373-0>
- Zhang, X., & Li, B. (2015). The role of microorganisms in organic waste recycling and their application in agriculture. *Microorganisms*, 3(4), 115–128. <https://doi.org/10.3390/microorganisms3040115>