



Peran Mikroorganisme Tanah dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah dan Hasil Pertanian Organik

Krisna Sari Dohare^{1*}, Mesrana Putri Lahagu², Putri Novi Kristiani Waruwu³
¹⁻³ Universitas Nias, Indonesia

Email : krisnasaridohare3@gmail.com^{1*}, putrilahagu5@gmail.com², waruwuputrinovi@gmail.com³

Abstract, *Soil microorganisms have an important role in improving soil health and supporting sustainable organic agriculture. They contribute to the decomposition of organic matter, management of nutrient cycles, control of pathogens, and improvement of soil structure. This research explores the role of microorganisms, such as bacteria, mycorrhizal fungi, and actinobacteria, in supporting soil fertility by increasing the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium for plants, as well as improving soil quality by increasing water retention capacity and reducing erosion. These microorganisms also act as biocontrol agents that inhibit pathogens, thereby reducing the need for chemical pesticides. However, managing soil microorganisms faces major challenges due to environmentally unfriendly agricultural practices, such as the use of pesticides and chemical fertilizers. This research emphasizes the importance of implementing sustainable agricultural principles to conserve soil microorganisms and maintain the health of the soil ecosystem as a whole. This study aims to provide insight into the role of soil microorganisms in increasing organic agricultural yields and recommend more effective and environmentally friendly management. These findings are expected to support the development of more productive and sustainable organic agriculture.*

Key words: *soil microorganisms; Soil health; organic farming; nutrient*

Abstrak, Mikroorganisme tanah memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan tanah dan mendukung pertanian organik yang berkelanjutan. Mereka berkontribusi dalam dekomposisi bahan organik, pengelolaan siklus unsur hara, pengendalian patogen, dan perbaikan struktur tanah. Penelitian ini mengeksplorasi peran mikroorganisme, seperti bakteri, jamur mikoriza, dan actinobacteria, dalam mendukung kesuburan tanah melalui peningkatan ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium bagi tanaman, serta memperbaiki kualitas tanah dengan meningkatkan kapasitas retensi air dan mengurangi erosi. Mikroorganisme ini juga bertindak sebagai agen biokontrol yang menghambat patogen, sehingga mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia. Namun, pengelolaan mikroorganisme tanah menghadapi tantangan besar akibat praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan, seperti penggunaan pestisida dan pupuk kimia. Penelitian ini menekankan pentingnya penerapan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan untuk melestarikan mikroorganisme tanah dan menjaga kesehatan ekosistem tanah secara keseluruhan. Studi ini bertujuan memberikan wawasan tentang peran mikroorganisme tanah dalam meningkatkan hasil pertanian organik dan merekomendasikan pengelolaan yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Temuan ini diharapkan mendukung pengembangan pertanian organik yang lebih produktif dan berkelanjutan.

Kata kunci : *mikroorganisme tanah ; Kesehatan tanah ; pertanian organik ; unsur hara.*

1. PENDAHULUAN

Pertanian organik merupakan salah satu metode pertanian yang semakin populer di seluruh dunia karena pendekatannya yang ramah lingkungan dan keberlanjutan yang ditawarkannya. Berbeda dengan pertanian konvensional yang sering mengandalkan penggunaan bahan kimia sintetis, pertanian organik lebih mengutamakan penggunaan teknik alami dalam pemeliharaan tanah dan peningkatan hasil pertanian. Dalam pertanian organik, kesehatan tanah menjadi prioritas utama, karena tanah yang sehat akan menghasilkan tanaman yang sehat dan berkelanjutan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas tanah

adalah keberadaan mikroorganisme tanah yang beragam. Mikroorganisme tanah, yang mencakup berbagai jenis bakteri, jamur, alga, dan aktinomisetes, memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung keberlanjutan pertanian organik. Mereka terlibat dalam berbagai proses penting yang terjadi di dalam tanah, termasuk dekomposisi bahan organik, siklus unsur hara, pengendalian patogen, dan perbaikan struktur tanah. Dalam konteks pertanian organik, mikroorganisme tanah berfungsi sebagai agen biologis yang mendukung pemeliharaan kesuburan tanah secara alami. Mikroorganisme ini dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis, seperti pestisida dan pupuk kimia, yang sering digunakan dalam pertanian konvensional.

Salah satu peran paling mendasar dari mikroorganisme tanah adalah dalam proses dekomposisi bahan organik. Tanah yang kaya akan mikroorganisme akan mampu menguraikan sisa-sisa tanaman dan bahan organik lainnya menjadi senyawa yang lebih sederhana, seperti humus, yang dapat diserap oleh tanaman. Selain itu, mikroorganisme tanah juga berperan dalam siklus unsur hara, yang melibatkan pengikatan dan pelepasan unsur hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Mikroorganisme yang terlibat dalam proses-proses ini, seperti bakteri pengikat nitrogen dan jamur mikoriza, memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara dalam tanah. Lebih dari itu, mikroorganisme tanah juga berfungsi dalam mengendalikan patogen yang dapat merusak tanaman. Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan antagonistik yang menghambat pertumbuhan patogen, sehingga mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia. Selain itu, mikroorganisme tanah berperan dalam meningkatkan struktur tanah, memperbaiki aerasi tanah, dan memperbaiki kapasitas tanah dalam menyimpan air. Semua proses ini sangat penting dalam menciptakan kondisi tanah yang sehat, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Namun, meskipun peran mikroorganisme tanah sangat krusial, masih banyak yang perlu dipelajari mengenai cara mengelola mikroorganisme ini secara efektif dalam sistem pertanian organik. Faktor-faktor seperti pH tanah, kelembaban, suhu, dan ketersediaan bahan organik sangat mempengaruhi keberagaman dan aktivitas mikroorganisme tanah. Oleh karena itu, pengelolaan mikroorganisme tanah yang tepat sangat penting dalam meningkatkan hasil pertanian organik.

Di dalam sistem pertanian organik, konsep kesehatan tanah sangatlah penting karena tanah yang sehat akan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal, meminimalkan kerusakan lingkungan, serta meningkatkan keberlanjutan hasil pertanian. Kesehatan tanah tidak hanya dilihat dari faktor fisik dan kimianya, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh aktivitas biologis yang terjadi di dalam tanah. Aktivitas biologis tanah ini sangat dipengaruhi oleh

mikroorganisme tanah yang memiliki peran mendalam dalam proses-proses biologis yang mendasari kesuburan tanah. Oleh karena itu, keberagaman dan keseimbangan mikroorganisme tanah harus dijaga agar proses-proses alami yang terjadi di dalam tanah dapat berlangsung secara optimal. Mikroorganisme tanah, meskipun ukurannya sangat kecil dan tidak tampak dengan mata telanjang, memiliki fungsi yang sangat besar dalam menjaga dan meningkatkan kualitas tanah. Berbagai jenis mikroorganisme tanah berinteraksi satu sama lain dalam sebuah ekosistem yang kompleks. Bakteri tanah, misalnya, berperan dalam proses nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat yang dapat digunakan oleh tanaman, sedangkan jamur mikoriza membentuk simbiosis dengan akar tanaman untuk meningkatkan penyerapan fosfor dan unsur hara lainnya. Sementara itu, mikroorganisme pengurai (dekomposer) seperti bakteri dan jamur memainkan peran utama dalam penguraian bahan organik yang terkandung dalam sisa-sisa tanaman dan hewan, menghasilkan humus yang kaya akan nutrisi dan meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air.

Mikroorganisme juga berperan dalam memodifikasi struktur tanah, yang akan meningkatkan daya dukung tanah terhadap pertumbuhan akar tanaman. Penguatan agregat tanah, peningkatan aerasi, dan pengaturan kelembaban tanah adalah sebagian dari manfaat yang dapat diperoleh dengan adanya mikroorganisme yang aktif dalam tanah. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan kualitas akar tanaman dalam menyerap air dan unsur hara, serta mengurangi risiko erosi tanah yang dapat merusak ekosistem pertanian. Dalam konteks pengendalian penyakit tanaman, mikroorganisme tanah memiliki potensi besar dalam bertindak sebagai agen biologis yang menghambat perkembangan patogen. Dengan mekanisme kompetisi, antibiosis, dan parasitisme, mikroorganisme tanah dapat secara alami mengurangi infestasi patogen yang menyerang tanaman. Pendekatan ini mengurangi ketergantungan pada penggunaan pestisida kimia yang sering kali dapat merusak keseimbangan ekosistem tanah dan berdampak negatif pada kesehatan manusia serta lingkungan.

Namun, meskipun mikroorganisme tanah memiliki berbagai manfaat yang jelas dalam mendukung sistem pertanian organik, tantangan terbesar yang dihadapi adalah bagaimana memelihara dan meningkatkan keberagaman serta aktivitas mikroorganisme tanah tersebut dalam praktik pertanian sehari-hari. Pemanfaatan pupuk organik, pengelolaan limbah pertanian, dan rotasi tanaman adalah beberapa metode yang dapat meningkatkan jumlah dan keberagaman mikroorganisme tanah. Namun, faktor-faktor lingkungan seperti pH tanah, kelembaban, suhu, serta jenis dan kuantitas bahan organik yang tersedia, semuanya memainkan peran besar dalam menentukan keberhasilan sistem mikrobiologi tanah yang sehat. Selain itu,

pengelolaan tanah yang berkelanjutan dalam pertanian organik harus mempertimbangkan keseimbangan antara keberagaman mikroorganisme yang menguntungkan dan mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, penting untuk terus mengembangkan penelitian yang dapat memberikan pemahaman lebih dalam mengenai interaksi kompleks antara mikroorganisme tanah, kualitas tanah, dan hasil pertanian organik yang optimal.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih jauh peran mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kesehatan tanah dan hasil pertanian organik, serta memberikan panduan berbasis ilmiah yang dapat diterapkan dalam praktik pertanian berkelanjutan. Mengingat pentingnya peran mikroorganisme tanah dalam keberlanjutan pertanian organik, memahami mekanisme dan faktor yang memengaruhi aktivitas mikroorganisme tersebut menjadi langkah awal untuk mengoptimalkan sistem pertanian organik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mikroorganisme tanah memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung keberlanjutan dan kesehatan tanah, yang pada gilirannya berpengaruh langsung terhadap hasil pertanian, terutama dalam sistem pertanian organik. Berbagai jenis mikroorganisme, mulai dari bakteri, jamur, alga, hingga aktinomisetes, memiliki fungsi biologis yang kompleks dalam memelihara keseimbangan ekosistem tanah. Oleh karena itu, penting untuk memahami secara mendalam bagaimana mikroorganisme ini berperan dalam mendukung proses-proses alami yang meningkatkan kesuburan tanah dan keberlanjutan hasil pertanian organik. Dalam tinjauan pustaka ini, akan dibahas peran mikroorganisme tanah dalam beberapa aspek utama yang mendukung kualitas tanah dan hasil pertanian, yaitu dekomposisi bahan organik, siklus unsur hara, pengendalian patogen, dan perbaikan struktur tanah.

Peran Mikroorganisme dalam Dekomposisi Bahan Organik

Salah satu peran utama mikroorganisme tanah adalah dalam proses dekomposisi bahan organik, yang meliputi sisa-sisa tanaman, sisa organisme mati, dan bahan organik lainnya. Proses dekomposisi ini dilakukan oleh mikroorganisme dekomposer, yang terdiri dari berbagai jenis bakteri dan jamur. Bakteri seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Azotobacter* serta jamur seperti *Trichoderma* dan *Fusarium* adalah contoh mikroorganisme yang berperan dalam menguraikan bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti glukosa, asam amino, dan senyawa nitrogen. Hasil dari proses dekomposisi ini adalah pembentukan humus, yang berfungsi untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan kapasitas

tanah dalam menyimpan air, memperbaiki struktur tanah, serta menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman (Bashan & de-Bashan, 2005).

Humus yang terbentuk selama dekomposisi memiliki kemampuan untuk meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, yang dapat mengurangi risiko kekeringan pada tanaman selama musim kemarau. Selain itu, bahan organik yang terdekomposisi juga menyediakan nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang dapat langsung diserap oleh tanaman, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk organik dalam pertanian organik. Dengan demikian, proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah bukan hanya menghasilkan bahan organik yang mendukung kesuburan tanah, tetapi juga meningkatkan efisiensi pertanian secara keseluruhan.

Peran Mikroorganisme dalam Siklus Unsur Hara

Mikroorganisme tanah sangat berperan dalam mengatur siklus unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Salah satu unsur yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman adalah nitrogen, yang digunakan dalam sintesis protein dan klorofil. Mikroorganisme pengikat nitrogen, seperti bakteri *Rhizobium* yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman legum, dapat mengubah nitrogen bebas di udara menjadi senyawa amonia yang dapat digunakan oleh tanaman. Selain itu, bakteri seperti *Azospirillum* dan *Azotobacter* juga memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen dari atmosfer dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman (Glick, 2012).

Selain nitrogen, fosfor juga merupakan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan akar dan fotosintesis. Jamur mikoriza, seperti *Glomus* dan *Endogone*, berperan dalam membantu tanaman menyerap fosfor yang terikat di dalam tanah, yang biasanya sulit dijangkau oleh akar tanaman. Jamur mikoriza membentuk jaringan hifa yang menghubungkan akar tanaman dengan tanah, meningkatkan luas permukaan akar dan memfasilitasi penyerapan unsur fosfor (Smith & Read, 2008). Mikroorganisme lain juga berperan dalam memperbaiki ketersediaan unsur hara lainnya, seperti kalium dan sulfur, yang penting bagi pertumbuhan tanaman.

Dengan adanya mikroorganisme tanah yang dapat mengatur siklus unsur hara ini, kebutuhan tanaman terhadap pupuk kimia dapat dikurangi, yang merupakan salah satu prinsip dasar dalam pertanian organik. Penggunaan mikroorganisme dalam siklus unsur hara juga mendukung keberlanjutan ekosistem tanah, karena mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan.

Peran Mikroorganisme dalam Pengendalian Patogen Tanah

Selain mendukung kesuburan tanah dan siklus unsur hara, mikroorganisme tanah juga berfungsi dalam pengendalian penyakit tanaman. Mikroorganisme tanah memiliki kemampuan untuk menghambat atau bahkan mengeliminasi patogen penyebab penyakit tanaman. Beberapa mikroorganisme memiliki sifat antagonistik terhadap patogen, di mana mereka dapat bersaing untuk sumber daya atau memproduksi senyawa antimikroba yang berbahaya bagi patogen.

Sebagai contoh, bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* memiliki kemampuan untuk menghasilkan antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen seperti *Fusarium* dan *Rhizoctonia*. Jamur *Trichoderma* juga diketahui efektif dalam mengontrol penyakit tanaman, karena memiliki kemampuan untuk menekan pertumbuhan jamur patogen melalui kompetisi ruang dan nutrisi, serta produksi enzim yang merusak dinding sel patogen (Mercado-Blanco & Shrot, 2016). Selain itu, mikroorganisme tanah dapat berperan dalam memperbaiki keseimbangan mikroflora tanah, yang dapat mengurangi dominasi patogen tertentu yang merugikan tanaman.

Penerapan mikroorganisme antagonistik dalam pengendalian penyakit tanaman semakin populer dalam pertanian organik, karena pendekatan ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia yang dapat merusak ekosistem tanah dan kesehatan manusia. Penggunaan mikroorganisme sebagai agen pengendali patogen tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, tetapi juga mendukung keberagaman dan keseimbangan ekosistem mikrobiota tanah.

Peran Mikroorganisme dalam Peningkatan Struktur Tanah

Mikroorganisme tanah juga berperan dalam memperbaiki struktur tanah, yang berpengaruh langsung pada kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan akar tanaman. Struktur tanah yang baik memungkinkan akar tanaman berkembang dengan baik, sehingga tanaman dapat menyerap air dan unsur hara dengan lebih efektif. Mikroorganisme seperti jamur mikoriza, serta bakteri dan aktinomisetes, berkontribusi dalam membentuk agregat tanah yang lebih stabil.

Agregat tanah yang stabil memiliki sejumlah manfaat penting, seperti meningkatkan aerasi tanah, memperbaiki drainase, dan mengurangi erosi tanah. Tanah dengan struktur yang baik juga memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi, yang penting untuk mempertahankan kelembaban tanah selama musim kemarau (Liu et al., 2019). Selain itu, mikroorganisme yang terlibat dalam pembentukan agregat tanah dapat mengikat partikel tanah dengan cara membentuk jaringan hifa atau matriks mikroba, yang meningkatkan stabilitas struktur tanah dan memperbaiki fungsinya sebagai tempat pertumbuhan akar tanaman.

Dalam konteks pertanian organik, perbaikan struktur tanah oleh mikroorganisme tanah menjadi sangat penting karena tanah yang baik mendukung pertumbuhan tanaman tanpa ketergantungan pada input eksternal seperti pupuk kimia atau bahan perbaikan tanah buatan. Dengan meningkatkan kualitas tanah melalui aktivitas mikroorganisme, pertanian organik dapat beroperasi dengan lebih efisien dan berkelanjutan.

Tantangan dalam Mengelola Mikroorganisme Tanah dalam Pertanian Organik

Meskipun mikroorganisme tanah memiliki banyak manfaat, tantangan dalam mengelola dan mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme tersebut di dalam tanah tetap ada. Faktor-faktor seperti pH tanah, kelembaban, suhu, dan keberadaan bahan organik yang cukup sangat memengaruhi keberagaman dan aktivitas mikroorganisme tanah. Misalnya, tanah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menghambat aktivitas mikroorganisme pengikat nitrogen, sementara kelembaban yang tidak cukup dapat mengurangi efektivitas mikroorganisme dalam dekomposisi bahan organik.

Selain itu, praktik pengelolaan tanah yang buruk, seperti penggunaan pestisida kimia atau monokultur, dapat mengurangi keberagaman mikroorganisme tanah dan mengganggu keseimbangan mikroflora yang ada. Oleh karena itu, dalam pertanian organik, penting untuk mempertahankan keberagaman mikroorganisme tanah dengan cara mengelola bahan organik, menghindari penggunaan pestisida kimia, serta menerapkan rotasi tanaman untuk mencegah penurunan kualitas tanah.

3. METODE

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka (review) untuk mengkaji peran mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kesehatan tanah dan hasil pertanian organik. Langkah pertama adalah pemilihan literatur yang relevan melalui pencarian di berbagai database ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan SpringerLink, dengan menggunakan kata kunci seperti "soil microorganisms", "organic farming", "decomposition", dan "nutrient cycling". Literatur yang dipilih meliputi artikel jurnal, buku, tesis, dan laporan penelitian yang berkaitan dengan peran mikroorganisme tanah dalam proses dekomposisi, siklus unsur hara, pengendalian patogen, dan peningkatan struktur tanah, dengan fokus pada penelitian yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir. Setelah literatur terkumpul, data dianalisis untuk mengidentifikasi pola-pola utama mengenai peran mikroorganisme dalam mendukung kesuburan tanah dan keberlanjutan pertanian organik. Temuan dari berbagai penelitian dibandingkan untuk mengungkap hubungan antara mikroorganisme dan proses-proses biologis yang mempengaruhi kualitas tanah. Hasil tinjauan pustaka ini disintesis untuk memberikan

gambaran komprehensif tentang bagaimana mikroorganisme tanah dapat dioptimalkan dalam pertanian organik. Evaluasi kualitas sumber dilakukan dengan mempertimbangkan metodologi penelitian yang digunakan, memastikan bahwa temuan yang diperoleh valid dan dapat diandalkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan dibahas secara rinci mengenai temuan-temuan yang diperoleh dari tinjauan pustaka terkait dengan peran mikroorganisme tanah dalam meningkatkan kesehatan tanah dan hasil pertanian organik. Berdasarkan analisis dari berbagai sumber ilmiah yang relevan, ditemukan bahwa mikroorganisme tanah memiliki peran yang sangat penting dalam beberapa aspek utama, yakni proses dekomposisi bahan organik, pengelolaan unsur hara, pengendalian patogen, dan peningkatan struktur tanah. Pembahasan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai fungsi mikroorganisme dalam mendukung keberlanjutan pertanian organik.

Peran Mikroorganisme dalam Dekomposisi Bahan Organik

Salah satu fungsi utama mikroorganisme tanah adalah dalam proses dekomposisi bahan organik, yang meliputi sisa-sisa tanaman, bahan organik yang berasal dari hewan, dan bahan lainnya yang mengandung karbon. Proses dekomposisi ini sangat penting karena bahan organik yang terurai akan membentuk humus yang meningkatkan kualitas tanah. Humus ini berperan dalam meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air, memperbaiki aerasi tanah, serta menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

Proses dekomposisi dimulai dengan mikroorganisme dekomposer, terutama bakteri dan jamur yang mengurai senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Bakteri seperti *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, dan *Azotobacter* memainkan peran utama dalam mengurai bahan organik menjadi asam amino, glukosa, dan nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman (Bashan & de-Bashan, 2005). Jamur seperti *Trichoderma* dan *Fusarium* juga berperan dalam mengurai bahan-bahan yang lebih tahan terhadap proses dekomposisi, seperti selulosa dan lignin yang terdapat dalam tanaman kayu atau tanaman keras lainnya.

Hasil dari dekomposisi ini adalah humus, yang tidak hanya meningkatkan kesuburan tanah tetapi juga memperbaiki struktur tanah. Humus meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air, yang penting untuk memastikan bahwa tanaman tetap mendapatkan kelembaban yang dibutuhkan selama musim kemarau. Oleh karena itu, mikroorganisme yang terlibat dalam dekomposisi juga mendukung ketahanan tanah terhadap kekeringan.

Selain itu, mikroorganisme yang melakukan dekomposisi juga berperan dalam pengaturan karbon di dalam tanah. Proses ini mengurangi akumulasi karbon yang berlebihan dan membantu menjaga keseimbangan karbon tanah yang optimal, yang berkontribusi pada pengurangan gas rumah kaca di atmosfer, mendukung keberlanjutan pertanian, dan mengurangi dampak perubahan iklim.

Peran Mikroorganisme dalam Siklus Unsur Hara

Mikroorganisme tanah sangat berperan dalam siklus unsur hara, terutama unsur-unsur yang sangat dibutuhkan oleh tanaman, seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan sulfur. Mikroorganisme pengikat nitrogen yang terkenal adalah *Rhizobium*, yang membentuk simbiosis dengan tanaman legum, serta bakteri seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum* yang dapat mengikat nitrogen bebas di atmosfer dan mengubahnya menjadi bentuk amonia atau nitrat yang dapat diserap oleh tanaman.

Mikroorganisme tanah juga membantu mengelola fosfor, unsur yang penting bagi perkembangan akar dan fotosintesis tanaman. Jamur mikoriza seperti *Glomus* berperan dalam meningkatkan penyerapan fosfor dari tanah ke dalam akar tanaman. Jamur mikoriza membentuk hubungan simbiosis dengan akar tanaman, yang memungkinkan tanaman mendapatkan fosfor yang lebih banyak, terutama dari tanah yang memiliki tingkat ketersediaan fosfor rendah atau fosfor yang terikat dalam bentuk yang tidak dapat dijangkau langsung oleh akar tanaman (Smith & Read, 2008).

Selain itu, mikroorganisme tanah juga membantu tanaman dalam penyerapan kalium dan sulfur. Beberapa bakteri dapat memecah senyawa-senyawa kompleks yang mengandung kalium dan sulfur, sehingga unsur-unsur tersebut menjadi tersedia bagi tanaman. Dengan demikian, mikroorganisme tanah berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, yang mengurangi kebutuhan terhadap pupuk kimia sintetis, sesuai dengan prinsip pertanian organik yang mengutamakan keberlanjutan dan minimnya penggunaan bahan kimia.

Melalui proses-proses ini, mikroorganisme tanah tidak hanya membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, tetapi juga mendukung efisiensi penggunaan pupuk organik. Penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mikroorganisme pengikat nitrogen dan jamur mikoriza dapat mengurangi kebutuhan penggunaan pupuk kimia, yang pada gilirannya dapat mengurangi pencemaran tanah dan air akibat limbah pupuk kimia.

Peran Mikroorganisme dalam Pengendalian Patogen Tanah

Mikroorganisme tanah juga memiliki peran penting dalam pengendalian patogen yang dapat merusak tanaman. Mikroorganisme pengendali patogen bekerja dengan cara bersaing

dengan patogen untuk mendapatkan ruang dan sumber daya, serta menghasilkan senyawa-senyawa antibakteri dan antifungal yang menghambat pertumbuhan patogen. Beberapa jenis mikroorganisme tanah yang berperan dalam pengendalian patogen meliputi bakteri seperti *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*, serta jamur seperti *Trichoderma harzianum*. *Trichoderma harzianum* diketahui dapat mengendalikan patogen jamur seperti *Fusarium* dan *Rhizoctonia* melalui kompetisi ruang dan produksi enzim yang merusak dinding sel patogen. Selain itu, bakteri *Pseudomonas fluorescens* memproduksi senyawa antibiotik yang efektif dalam menekan pertumbuhan berbagai patogen tanaman, termasuk jamur dan bakteri patogen (Mercado-Blanco & Shrot, 2016).

Pengendalian patogen dengan menggunakan mikroorganisme tanah sangat penting dalam sistem pertanian organik, karena mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia yang dapat mencemari lingkungan dan merusak kesehatan tanah. Pendekatan ini mendukung keberagaman hayati mikroorganisme tanah dan menjaga keseimbangan ekosistem, serta memastikan keberlanjutan pertanian tanpa merusak lingkungan.

Perbaikan Struktur Tanah

Mikroorganisme tanah berperan dalam perbaikan struktur tanah dengan cara membentuk agregat tanah yang lebih stabil. Agregat tanah adalah kelompok partikel tanah yang saling terkait yang membentuk struktur tanah yang gembur, memiliki pori-pori yang cukup untuk sirkulasi udara, serta dapat menyimpan air dengan baik. Struktur tanah yang baik memungkinkan akar tanaman berkembang dengan baik, yang meningkatkan penyerapan air dan unsur hara.

Jamur mikoriza, bakteri, dan aktinomisetes memainkan peran penting dalam pembentukan agregat tanah dengan mengeluarkan senyawa polisakarida yang membantu mengikat partikel tanah. Pembentukan agregat ini juga meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air, yang sangat penting dalam mengatasi masalah kekeringan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres air (Liu et al., 2019).

Selain itu, mikroorganisme tanah yang terlibat dalam perbaikan struktur tanah juga membantu mencegah erosi tanah dan meningkatkan daya dukung tanah terhadap kegiatan pertanian. Tanah yang memiliki struktur yang baik akan lebih mudah dalam menerima bahan organik tambahan, yang pada gilirannya meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Tantangan dan Peluang dalam Pengelolaan Mikroorganisme Tanah

Meskipun mikroorganisme tanah memiliki banyak manfaat, pengelolaannya dalam pertanian organik tetap menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah menjaga keberagaman mikroorganisme tanah yang sangat bergantung pada kondisi tanah dan

praktik pertanian yang diterapkan. Faktor-faktor seperti pH tanah, kelembaban, suhu, dan keberadaan bahan organik yang cukup memengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah. Tanah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menghambat efektivitas mikroorganisme, sedangkan kelembaban yang tidak memadai dapat menurunkan aktivitas mikroorganisme pengikat nitrogen.

Selain itu, praktik pertanian yang buruk, seperti penggunaan pestisida kimia atau monokultur, dapat mengurangi keberagaman mikroorganisme tanah, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem tanah. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan praktik pertanian yang berkelanjutan, seperti rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, dan pengelolaan tanah yang ramah lingkungan untuk mendukung kelestarian mikroorganisme tanah.

Namun demikian, peluang untuk mengoptimalkan peran mikroorganisme tanah dalam pertanian organik sangat besar. Teknologi baru, seperti aplikasi mikroba probiotik yang menguntungkan untuk tanah, dapat digunakan untuk meningkatkan populasi mikroorganisme yang menguntungkan. Selain itu, pengelolaan mikroorganisme tanah secara bijak dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dan mengurangi pencemaran lingkungan.

5. KESIMPULAN

Mikroorganisme tanah memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung kesehatan tanah dan hasil pertanian organik. Mereka berkontribusi dalam dekomposisi bahan organik, pengelolaan unsur hara, pengendalian patogen, serta perbaikan struktur tanah, yang semuanya mendukung kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Melalui aktivitas mereka, mikroorganisme memperbaiki kualitas tanah dengan menghasilkan humus, meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, serta mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis yang dapat merusak lingkungan. Mikroorganisme tanah juga berperan dalam mengendalikan patogen secara alami, yang mendukung pertanian tanpa penggunaan pestisida kimia yang dapat mencemari tanah dan air. Namun, tantangan dalam pengelolaan mikroorganisme tanah tetap ada, seperti perubahan kondisi lingkungan dan praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan yang bijaksana dan penerapan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan sangat diperlukan untuk mempertahankan keberagaman dan efektivitas mikroorganisme tanah. Secara keseluruhan, pemanfaatan mikroorganisme tanah dapat meningkatkan keberlanjutan pertanian organik, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi mikrobiologi tanah

akan memperkuat potensi ini, mendukung ketahanan pangan, dan menciptakan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, W. L., & Azevedo, J. L. (2015). Mikroorganisme penghasil pertumbuhan tanaman sebagai agen pengendali dalam pertanian berkelanjutan. *Microbiological Research*, 170, 1-9.
- Bashan, Y., & de-Bashan, L. E. (2005). Bakteri dan jamur sebagai mikroorganisme penghasil pertumbuhan tanaman: Perspektif penerapan mikroorganisme dalam pertanian berkelanjutan. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(1), 85-97.
- Bending, G. D., & Turnbull, G. A. (2018). Mikroorganisme tanah pertanian: Kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, dan keberlanjutan. *Soil and Environment*, 37(2), 241-254.
- Blaszczyk, M., & Stępień, K. (2018). Peran mikroorganisme tanah dalam siklus biogeokimia unsur penting untuk tanaman. *Plant and Soil*, 428(1-2), 115-125.
- Choudhury, A. T. M. A., & Kennedy, I. R. (2005). Fiksasi nitrogen pada tanaman legum: Peran mikroorganisme tanah dalam siklus nitrogen. *Agronomy Journal*, 97(5), 1263-1271.
- Dangi, S. R., & Gupta, R. K. (2015). Peran mikroorganisme menguntungkan dalam pertanian berkelanjutan. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(2), 67-82.
- George, T. S., & Wright, D. (2013). Peran mikroorganisme dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. *Field Crops Research*, 153, 131-141.
- Higa, T., & Wididana, G. (1991). Konsep dan aplikasi teknologi EM. EM Research Organization, Jepang.
- Hiltner, L. (1904). Pengaruh mikroorganisme terhadap kesuburan tanah. *The Journal of Agricultural Science*, 1(2), 60-69.
- Lal, R. (2015). Pemulihan kesehatan tanah dan fungsi ekosistem: Peran mikroorganisme dalam pertanian berkelanjutan. *Advances in Agronomy*, 131, 1-22.
- Larkin, R. P. (2003). Peran mikroorganisme tanah dalam kesehatan tanaman dan penyakit. *Phytopathology*, 93(6), 586-592.
- Liu, J., Zhang, Z., & Yang, Y. (2019). Komunitas mikroba di tanah dan implikasinya untuk kesehatan tanah dan pertanian. *Soil Biology and Biochemistry*, 132, 107-115.
- Mercado-Blanco, J., & Shrot, M. (2016). Pengendalian biologis patogen tanah oleh mikroorganisme yang menguntungkan. *Soil Biology and Biochemistry*, 45, 34-50.
- Munkvold, G. P., & Hooker, D. C. (2007). Patogen jamur dalam sistem pertanian organik. *Plant Disease*, 91(2), 151-160.

- Sillero, J. C., & Rubiales, D. (2010). Peran mikroorganisme dalam pengendalian biologi penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen tanah dalam pertanian berkelanjutan. *Agricultural Systems*, 103(1), 10-15.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Simbiosis mikoriza tanaman* (edisi ke-3). Academic Press.
- Steenhoudt, O., & Vanderleyden, J. (2000). *Azospirillum: Tinjauan mengenai fisiologi dan peran ekologisnya di tanah*. *Symbiosis*, 29(1), 1-16.
- Vance, C. P., & Gehring, C. A. (2017). Peran interaksi tanaman-mikroba dalam pertanian: Sistem mikroba untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman. *Environmental Microbiology*, 19(1), 23-38.
- Whipps, J. M. (2001). Interaksi mikroba dan pengendalian biologi dalam rhizosfer. *Journal of Experimental Botany*, 52(364), 487-499.
- Zeng, Y., & Zeng, X. (2017). Keanekaragaman mikroba dalam tanah organik: Implikasi untuk kesehatan tanah. *Microorganisms*, 5(3), 18-29.