

## Peran Mikrobiologi dalam Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Pupuk Organik

Tuti Ariani Bawamenewi<sup>1\*</sup>, Natalia Kristiani Lase<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Universitas Nias, Indonesia

[tutibawamenewi@gmail.com](mailto:tutibawamenewi@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [natalialase16@gmail.com](mailto:natalialase16@gmail.com)<sup>2</sup>

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

Korespondensi penulis: [tutibawamenewi@gmail.com](mailto:tutibawamenewi@gmail.com)

**Abstract.** Agricultural waste treatment is an organism that offers innovative solutions to reduce the negative environmental impact of waste while increasing agricultural productivity. By using microorganisms such as bacteria, fungi, and actinomycetes, wastes such as straw, manure, and coffee grounds can be effectively treated. This biological process accelerates the decomposition of organic matter into more benign substances and nutrients, such as nitrogen, phosphorus and potassium, which are essential for plant growth. In addition to improving soil fertility, the use of organic fertilizers also reduces dependence on chemical fertilizers, greenhouse gas emissions, and sustainable agriculture. The aim of this study was to investigate the role of microbiology in agricultural waste transformation by examining its mechanisms, potentials, and challenges. The results of this study show that microorganism-based technologies contribute to more environmentally friendly practices and reinforce fundamental economic principles. Processing agricultural waste into organic fertilizer is a strategic step in realizing sector sustainability.

**Keywords:** Microbiology, agricultural waste, organic fertilizer.

**Abstrak.** Pengolahan limbah pertanian adalah sebuah organisme yang menawarkan solusi inovatif untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan pada limbah sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian. Dengan menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan aktinomiset, limbah seperti jerami, kotoran ternak, dan ampas kopi dapat diolah secara efektif. Proses biologis ini mempercepat penguraian bahan organik menjadi zat-zat yang lebih jinak dan nutrisi, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Selain meningkatkan kesuburan tanah, penggunaan pupuk organik juga mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, emisi gas rumah kaca, dan pertanian berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki peran mikrobiologi dalam transformasi limbah pertanian dengan memeriksa mekanisme, potensi, dan tantangannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis mikroorganisme berkontribusi pada praktik yang lebih ramah lingkungan dan memperkuat prinsip-prinsip ekonomi yang mendasar. Pengolahan limbah pertanian menjadi pupuk organik merupakan langkah strategis dalam mewujudkan keberlanjutan sektor.

**Kata kunci:** Mikrobiologi, limbah pertanian, pupuk organik.

### 1. PENDAHULUAN

Transformasi limbah pertanian menjadi bahan organik merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan kesuburan tanah. Limbah pertanian, seperti sisa tanaman, jerami, daun, dan bahan organik lainnya, sering kali hanya dibuang begitu saja atau dibakar, yang dapat menyebabkan polusi udara dan penurunan kualitas tanah. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah tersebut melalui proses biologis menjadikannya sebagai organ yang sangat penting untuk mengurangi tekanan lingkungan dan mempromosikan gaya hidup sehat.

Menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011, pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang terbuat dari sisa-sisa tumbuhan, kotoran hewan,

bagian tubuh hewan, atau bahan organik lainnya yang telah mengalami proses pengolahan. Produk ini tersedia dalam bentuk padat atau cair dan dapat dibuat dari bahan mineral atau mikrobiologis. Fungsinya adalah untuk meningkatkan jumlah unsur hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Studi, Pengolahan, dan Kampar 2019).

Menurut Rahman dkk. (2020), mikroorganisme memainkan peran kunci dalam penguraian sisa-sisa pertanian. Pengomposan adalah proses dimana bahan organik, seperti sisa tanaman, sampah rumah tangga, dan limbah pertanian, diuraikan menjadi beberapa komponen oleh mikroorganisme (seperti bakteri, serangga, dan cacing tanah) dalam lingkungan yang terkendali. Peran mikrobiologi dalam pertanian berperan untuk mempercepat proses penguraian bahan organik menjadi humus yang pada akhirnya akan menghasilkan produksi organisme yang tidak merugikan.

Proses ini melibatkan berbagai mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan aktinomisetes, yang memiliki kemampuan untuk mengubah bahan organik yang kompleks menjadi lebih halus yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini berkontribusi pada peningkatan kualitas pupuk organik yang dihasilkan. Menurut Sutanto dkk. (2021), penggunaan mikroorganisme dalam pengolahan limbah pertanian dapat meningkatkan kadar hara di dalam tanah, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang sangat penting untuk mendorong pertumbuhan tanaman yang sehat.

(Putri, 2019) Metode yang umum digunakan untuk mengubah pertanian menjadi produk organik adalah kotoran ternak. Metode lain untuk mengubah pertanian dan peternakan menjadi produk organik adalah dengan membuat komposit atau produk organik menggunakan proses yang disebut pengomposan, yang menghasilkan produk yang aman untuk digunakan kembali. Selain itu, ampas kopi adalah salah satu dari beberapa organ yang memiliki potensi signifikan untuk digunakan sebagai nutrisi tanaman.

Unsur hara utama yang terdapat pada ampas kopi, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sangat dibutuhkan oleh tanaman, terutama pada sistem hidroponik. Larutan nutrisi berfungsi sebagai sumber makanan utama bagi tanaman dalam hidroponik. Unsur-unsur ini dalam bentuk yang mudah dicerna membantu meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan tanaman. Menggunakan kopi sebagai bahan bangunan atau nutrisi organik dalam hidroponik dapat menjadi solusi yang tidak hanya meningkatkan lingkungan tetapi juga ekonomi dengan meningkatkan praktik pertanian. (Ramadhani dkk., 2023).

Menurut Cahyawati dkk. (2022), kompos adalah produk dari fermentasi bahan organik dan dihasilkan oleh adanya berbagai mikroorganisme dalam berbagai kondisi yang

dapat berupa anaerob maupun aerob. Proses ini tidak hanya mengurangi volume limbah tetapi juga menghasilkan pupuk yang bermanfaat untuk meningkatkan keramahan lingkungan sekitar. Dalam konteks keberlanjutan, pengolahan limbah peternakan, seperti kotoran ternak, dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Menurut Hidayati (2021), kotoran ternak memiliki kandungan unsur hara yang cukup signifikan, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman.

Selain itu, Putra dan Purnomo (2022) menyatakan bahwa penggunaan pupuk kompos berbahan dasar limbah peternakan dapat meningkatkan kualitas tanah secara menyeluruh dan meningkatkan hasil pertanian. Pengolahan pertanian dan peternakan menjadi pupuk organik melalui pengomposan tidak hanya memberikan nilai tambah bagi produk pertanian yang disebutkan di atas, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan pertanian dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pengomposan juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca, seperti metana, yang dihasilkan dari pembakaran lahan pertanian. Oleh karena itu, penelitian tentang pengolahan limbah sangat penting untuk memperkuat sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menggunakan mikroorganisme untuk menjaga bahan organik dari pertanian sehingga dapat menghasilkan organisme yang berguna untuk meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan keberlanjutan pertanian, dan mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan, terutama rumah kaca. Lebih tepatnya, tujuan utamanya adalah sebagai berikut:

- a. Mikroorganisme berperan penting dalam proses pengomposan, di mana mereka menguraikan bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana seperti humus. Proses ini meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman dan memperbaiki struktur tanah.
- b. Menggunakan pupuk organik yang dihasilkan dari limbah pertanian dapat meningkatkan kualitas tanah. Mikroorganisme dalam kompos memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan meningkatkan aerasi tanah, yang penting untuk pertumbuhan akar tanaman.
- c. Penggunaan limbah pertanian sebagai organisme dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia melalui penggunaan mikroorganisme. Hal ini merupakan hasil dari pengelolaan pertanian yang mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan dan meningkatkan produksi pangan.
- d. Menunjukkan bahwa pengolahan limbah pertanian menjadi pupuk organik dapat mengurangi degradasi lingkungan yang disebabkan oleh pertanian yang sudah ada.

Dengan memanfaatkan mikroorganisme dalam pengomposan, limbah yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara efektif, sehingga kelestarian lingkungan dapat meningkat.

- e. Mengungkapkan keyakinan bahwa organisme yang berasal dari lingkungan pertanian dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan kualitas hasil pertanian melalui aktivitas mikroorganisme.

(Nurdiana dan Utomo 2018) Pengomposan adalah proses biologis yang bertujuan untuk mempercepat penguraian bahan organik dengan menstimulasi mikroorganisme termasuk bakteri, kapang, dan tanah. Proses ini melibatkan fermentasi aerobik dan anaerobik, di mana mikroorganisme mengubah bahan organik yang kompleks menjadi zat-zat yang sehat seperti humat, nitrogen, fosfor, dan kalium, yang kemudian dapat digunakan secara pasif oleh tanaman sebagai pupuk. Mikroorganisme memiliki peran penting dalam degradasi bahan organik, menghasilkan humus, dan meningkatkan kualitas air melalui pengayaan hara esensial untuk pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki peran mikrobiologi dalam pengembangan anggota tubuh pertanian sebagai organisme hidup dengan mengkaji potensi, antagonisme, dan implikasinya terhadap industri pertanian. Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan teknologi limbah yang lebih inovatif dan tahan lama.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan menggunakan metode deskriptif-analitis untuk meneliti peran mikrobiologi dalam transformasi pertanian menjadi organ. Alasannya adalah karena metode ini memungkinkan untuk menyelidiki fenomena, mekanisme, dan efek penggunaan mikroorganisme dalam transformasi pertanian. Data primer berasal dari pengamatan laboratorium dan kerja lapangan dengan para ahli di bidang mikrobiologi dan agronomi, sedangkan data sekunder berasal dari literatur akademis terbaru, seperti jurnal, buku, dan laporan penelitian dari tahun 2019 hingga 2024.

Penggunaan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur dalam penelitian limbah pertanian memiliki landasan teori yang kuat. Sebagai contoh, Zhang dkk. (2020) menjelaskan bahwa bakteri dalam genus *Bacillus* dapat mempercepat penguraian bahan organik melalui enzim yang dihasilkan, sehingga meningkatkan jumlah nutrisi dalam bahan organik. Hal ini sejalan dengan temuan Gupta dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa penggunaan mikroorganisme dalam penelitian limbah dapat mengurangi emisi gas rumah tangga jika dibandingkan dengan metode konvensional. Namun, temuan kontradiktif

muncul dari penelitian Kumar dkk. (2019), yang menyatakan bahwa dalam beberapa kondisi, mikroorganisme-paru-paru.

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis, dimulai dari analisis karakteristik mikroorganisme dan diakhiri dengan evaluasi efektivitas organisme yang dihasilkan terhadap pertumbuhan tanaman. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode triangulasi untuk memvalidasi hasil dari beberapa sumber. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan saran praktis bagi para praktisi mengenai cara memanfaatkan limbah pertanian secara efektif dan mengurangi dampak negatif dari penggunaan pupuk kimia.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Peran Mikroorganisme Dalam Proses Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Pupuk Organik, Serta Mekanisme Yang Mendasarinya**

Pengolahan limbah pertanian sebagai organisme memiliki dampak yang signifikan dalam mengurangi degradasi lingkungan dan emisi gas di rumah kaca. Limbah pertanian yang tidak dibersihkan dengan baik dapat menyebabkan polusi udara dari penggunaan nitrogen dalam pertanian, serta emisi gas dari rumah yang mempengaruhi pemanasan global. Gas metana dapat timbul dari tumpukan limbah pertanian yang tidak di kelola dengan baik, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Tumpukan yang terus meningkat akan menyebabkan kadar gas metana meningkat, yang berpotensi menimbulkan ledakan atau kebakaran (Isnaeni dan Arista, 2024).

Proses mengubah hasil pertanian menjadi produk organik, seperti pengomposan, membantu mengurangi dampak negatif dari pupuk kimia sintetis yang dapat mencemari air dan udara. Komponen yang dihasilkan dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan suburnya tanah, dan menurunkan risiko degradasi lingkungan. Selain itu, menggunakan limbah pertanian untuk produksi biogas dapat mengurangi emisi gas rumah tangga. Proses ini mengubah lensa organik menjadi sumber energi baru, mengurangi jumlah metana yang biasanya dilepaskan dari lensa pertanian yang membusuk.

Selain itu, penggunaan pupuk cair yang diekstrak dari limbah pertanian dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pertanian. Organisme cair ini tidak hanya menyediakan nutrisi bagi tanaman, tetapi juga meningkatkan aktivitas mikroba di dalam tanah, yang pada gilirannya meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah. Oleh karena itu, peran mikroorganisme dalam pengolahan limbah pertanian sangat penting untuk mendorong pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

### **Pemanfaatan Mikroorganisme Untuk Pengolahan Limbah Pertanian Secara Efektif Dan Berkelanjutan**

Memanfaatkan mikroorganisme dalam pengolahan limbah pertanian sebagai organisme memberikan berbagai solusi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi degradasi lingkungan. Namun, implementasi teknologi ini membawa sejumlah tantangan dan masalah yang harus diatasi untuk mencapai efektivitas dan ketekunan. Hal yang paling penting adalah memiliki kontrol yang optimal atas proses fermentasi. Memastikan kondisi seperti pH, aerasi, dan suhu yang sesuai selama fermentasi bisa jadi sulit, terutama pada skala kecil. Kondisi yang tidak sesuai dapat menghambat aktivitas mikroorganisme, mengurangi efisiensi penguraian bahan organik, dan menghasilkan pupuk organik dengan kualitas yang tidak konsisten.

Salah satu metode yang sangat potensial untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas pertanian adalah pemanfaatan mikroorganisme tanah. Melalui beberapa proses seperti dekomposisi, fiksasi nitrogen, pengendalian hama, dan peningkatan kesehatan tanah, mikroorganisme tanah memberikan dampak yang signifikan terhadap keberlanjutan pertanian. Untuk memaksimalkan potensi mikroorganisme tanah, kolaborasi antara peneliti, petani, dan pihak-pihak terkait sangat diperlukan untuk memahami, meneliti, dan menerapkan teknologi yang memungkinkan pengelolaan mikroorganisme yang efisien. Dengan melakukan hal ini, kita dapat memastikan bahwa sistem tersebut mampu mempertahankan dirinya sendiri, mencegah degradasi lingkungan, dan meningkatkan ketahanan pangan dari waktu ke waktu. (Nainggolan, tanpa tanggal).

Kualitas limbah yang tidak seragam dapat mempengaruhi fermentasi dan komposisi nutrisi dari organisme yang dihasilkan. Pencampuran bahan baku yang tidak merata dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, sehingga organ yang dihasilkan kurang ideal untuk pertumbuhan tanaman. Pemahaman tentang mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi dan teknik pengolahan yang tepat dapat meningkatkan efektivitas penggunaan mikroorganisme dalam budidaya alga pertanian.

Pendidikan dan pelatihan yang efektif diperlukan untuk meningkatkan kemampuan petani dalam menggunakan teknologi ini secara efektif. Selain itu, kondisi lingkungan yang tidak stabil dapat menyebabkan keseimbangan mikroba, sehingga proses fermentasi menjadi tidak stabil dan kualitas bahan organik yang dihasilkan menjadi tidak konsisten. Untuk mengatasi kendala ini, diperlukan langkah-langkah yang komprehensif, seperti pengembangan teknologi yang sesuai dengan kondisi setempat, peningkatan kapasitas petani melalui pendidikan dan pelatihan, serta penyediaan sarana pendukung yang mudah

digunakan. Dengan demikian, pemanfaatan mikroorganisme pada limbah pertanian dapat dilakukan secara efektif dan efisien, sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan petani.

### **Penggunaan Pupuk Organik Dari Limbah Pertanian Dapat Meningkatkan Kesuburan Tanah Dan Kualitas Hasil Pertanian Dibandingkan Dengan Pupuk Kimia**

Jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia, penggunaan pupuk organik yang berasal dari hasil pertanian memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kesuburan tanah dan kualitas dan mutu pertanian. Selain menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, pupuk organik juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suyanto (2023), suatu organisme dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap udara, meningkatkan keragaman mikroorganisme, dan memperbaiki struktur tanah, yang pada akhirnya meningkatkan kesuburan tanah secara keseluruhan. Selain itu, organisme juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berkontribusi terhadap kesehatan dan keamanan tanah.

Menurut penelitian Mayadewi (2007), pupuk kandang tidak hanya meningkatkan hara, tetapi juga mendorong pertumbuhan mikroorganisme dan memperbaiki struktur tanah. Namun, dibandingkan dengan pupuk kimia, pupuk organik secara konsisten mempengaruhi hara dengan cara yang lebih lembut, yang mungkin berdampak pada pertumbuhan tanaman dalam jangka pendek. Di sisi lain, pupuk kimia menyediakan unsur hara dengan cepat dan dalam jumlah besar, sehingga tanaman dapat dengan cepat mengkonsumsinya. Namun, penggunaan pupuk kimia yang tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif, seperti penurunan kualitas tanah, pencemaran udara, dan keanekaragaman hayati.

Dalam konteks diskusi yang lebih luas, menggunakan pupuk organik lebih ramah lingkungan daripada menggunakan pupuk kimia. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk menentukan bagaimana kedua jenis pupuk ini dapat digunakan bersama-sama untuk meningkatkan produktivitas tanpa mempengaruhi lingkungan. Dengan cara ini, penggunaan pupuk organik dari limbah pertanian dapat secara signifikan meningkatkan kualitas hasil pertanian dan tanah. Namun, perlu diperhatikan kecepatan perpindahan unsur hara serta potensi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia. Pendekatan yang seimbang dan integrasi antara pupuk kimiawi dan pupuk organik dapat menjadi solusi terbaik untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi dan kelestarian lingkungan.

### **Pengolahan Limbah Pertanian Menjadi Pupuk Organik Terhadap Pengurangan Pencemaran Lingkungan, Termasuk Emisi Gas Rumah Kaca**

Pengolahan limbah pertanian sebagai organisme memiliki dampak yang signifikan dalam mengurangi degradasi lingkungan dan emisi gas di rumah kaca. Limbah pertanian yang tidak dibersihkan dengan baik dapat menyebabkan polusi udara dari penggunaan nitrogen dalam pertanian, serta emisi gas dari rumah yang mempengaruhi pemanasan global. Gas metana dapat timbul dari tumpukan limbah pertanian yang tidak di kelola dengan baik, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Tumpukan yang terus meningkat akan menyebabkan kadar gas metana meningkat, yang berpotensi menimbulkan ledakan atau kebakaran (Isnaeni dan Arista, 2024).

Proses mengubah hasil pertanian menjadi produk organik, seperti pengomposan, membantu mengurangi dampak negatif dari pupuk kimia sintetis yang dapat mencemari air dan udara. Komponen yang dihasilkan dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan suburnya tanah, dan menurunkan risiko degradasi lingkungan. Selain itu, menggunakan limbah pertanian untuk produksi biogas dapat mengurangi emisi gas rumah tangga. Proses ini mengubah lensa organik menjadi sumber energi baru, mengurangi jumlah metana yang biasanya dilepaskan dari lensa pertanian yang membusuk.

### **Potensi Inovasi Teknologi Dalam Pengelolaan Limbah Pertanian Menggunakan Mikroorganisme Untuk Mendukung Praktik Pertanian Berkelanjutan**

Teknologi berbasis mikroorganisme, seperti fermentasi dan biokonversi, dapat mengubah bahan tanaman menjadi produk yang bermanfaat, seperti produk organik. Menurut Pandey dkk. (2000), mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan fungi menguraikan bahan organik untuk menghasilkan nutrisi dan degradasi lingkungan. Penerapan teknologi ini tidak hanya mengurangi volume limbah tetapi juga mengurangi emisi gas dari rumah kaca yang dihasilkan dari pembusukan limbah secara alami (Liang et al., 2014).

Selain itu, proses pengolahan kulit kopi menjadi bioetanol dengan metode sederhana yang mendorong partisipasi aktif masyarakat merupakan pendekatan inovatif yang relevan dengan prinsip keberlanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya membahas masalah kulit kopi, tetapi juga menghasilkan bioetanol sebagai sumber energi baru yang mendukung kesejahteraan ekonomi dan lingkungan masyarakat. Menurut penelitian ini, teknologi pengolahan berbasis sains dapat menjadi solusi praktis untuk menangani limbah pertanian secara efektif (Yulian et al., n.d.).

Menurut hasil penelitian, limbah pertanian seperti jerami padi, sekam, dan kotoran ternak dapat ditangani secara efisien oleh mikroorganisme untuk menjadi organisme yang meningkatkan produktivitas tanaman dan kesuburan tanah. Sebagai contoh, diketahui bahwa *Trichoderma* sp. dan *Azotobacter* sp. dapat meningkatkan jumlah nitrogen dalam suatu organisme (Chaurasia et al., 2015). Lebih jauh lagi, proses ini berkontribusi pada sirkulasi nutrisi dalam ekosistem pertanian, sehingga memperkuat prinsip ekonomi sirkular (Groot et al., 2012).

Petani mungkin mulai menggunakan pupuk organik, yang lebih murah dan ramah lingkungan, daripada pupuk kimia sintetis mahal dan berbahaya bagi lingkungan karena inovasi ini. Selain itu, teknologi berbasis mikroorganisme dapat meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian dengan mengurangi ketergantungan pada input luar dan meningkatkan efisiensi sumber daya lokal (Pretty, 2008). Oleh karena itu, satu strategi penting untuk menangani masalah global seperti degradasi lahan dan perubahan iklim adalah penggunaan teknologi mikrobiologi dalam pengelolaan limbah pertanian.

#### **4. KESIMPULAN**

Pengolahan limbah pertanian menjadi pupuk organik adalah cara yang bagus untuk mengurangi dampak limbah pada lingkungan sekaligus meningkatkan kesuburan tanah. Mikroorganisme berperan penting dalam proses ini karena mereka mempercepat dekomposisi bahan organik menjadi senyawa sederhana yang membantu pertumbuhan tanaman. Selain membantu pertanian yang lebih berkelanjutan, proses ini mengurangi emisi gas rumah kaca, ketergantungan pada pupuk kimia, dan pencemaran lingkungan.

Pemanfaatan limbah seperti jerami, kotoran ternak, dan ampas kopi menjadi pupuk organik cair atau padat memiliki banyak keuntungan. Ini termasuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroba di tanah, dan menyediakan nutrisi penting seperti kalium, nitrogen, dan fosfor. Selain itu, teknologi berbasis mikroorganisme seperti fermentasi dan biokonversi menawarkan peluang baru untuk mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan cara yang ekonomis dan ramah lingkungan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Cahyawati, A. N., Kusuma, L. T. W. N., Widiyawati, S., Lustyana, A. T., Putro, W. W., Setyanto, N. W., Maghdiyyah, Z. A., et al. (2022). Pemanfaatan sampah organik menjadi pupuk organik cair dengan pendekatan effective microorganisms yang berbasis sustainable manufacturing. *TEKAD: Teknik Mengabdikan*, 1(1), 23–30. <https://doi.org/10.21776/ub.tekad.2022.01.1.4>

- Chaurasia, B., Pandey, A., & Palni, L. M. S. (2015). Organic waste management by microbial inoculants: A sustainable approach. *Agricultural Microbiology*, *34*(2), 150–167.
- Groot, J. C. J., Oomen, G. J. M., & Rossing, W. A. H. (2012). Multi-objective optimization and design of farming systems. *Agricultural Systems*, *110*, 63–77.
- Gupta, A., Singh, P., & Sharma, R. (2021). Pertanian organik dengan bantuan mikroba: Keberlanjutan dan peningkatan produktivitas. *Jurnal Mikrobiologi Pertanian*, *38*(4), 345–358.
- Hartanto, S. (2019). *Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah*. Malang: Penerbit Agrikultura.
- Hidayat, M. (2020). *Teknologi pupuk organik cair dari limbah rumah tangga*. Jakarta: Penerbit Agri Press.
- Hidayati, L. (2021). Pengaruh penggunaan pupuk kompos limbah ternak terhadap kesuburan tanah. *Jurnal Agronomi Indonesia*, *19*(2), 89–96.
- Indrawati, S., Mandeep, S., & Aliku, S. (2020). Pemanfaatan limbah organik pertanian menjadi pupuk organik cair. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Inovatif*, *5*(2), 1–10.
- Isnaeni, N., & Arista, D. (2024). Karakteristik limbah pertanian dan dampaknya: Mengapa pengelolaan ramah lingkungan penting? *Jurnal WHEM*, *1*(2), 67–76.
- Kumar, S., Patel, M., & Jha, A. (2019). Produk sampingan toksik dari dekomposisi mikroba: Risiko lingkungan dan mitigasi. *Tinjauan Ilmu Lingkungan*, *27*(3), 215–227.
- Laote, M. Y., Chandra, Y. N., Hartati, C. D., Wijayanti, G., & Gunawan, H. G. (2023). Kompetensi dalam pengolahan limbah rumah tangga menjadi pupuk organik. *Jurnal Ilmiah Inovasi dan Komunikasi Pembangunan Pertanian*, *1*(1), 130–136.
- Liang, C., Das, K. C., & McClendon, R. W. (2014). The influence of temperature and moisture content regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology*, *86*(2), 131–137.
- Mayadewi, I. (2007). Pengaruh pupuk organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Penelitian Tanah dan Pupuk*, *12*(2), 45–52.
- Mulyono. (2016). *Membuat mikroorganisme lokal (MOL) & kompos dari sampah rumah tangga*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Nainggolan, J. (2020). Pemanfaatan mikroorganisme tanah untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas pertanian.
- Pandey, A., Socol, C. R., Nigam, P., & Socol, V. T. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues. *Bioresource Technology*, *74*(1), 81–89.
- Pratama, A., & Wibowo, S. (2019). *Pengelolaan limbah organik dan pembuatan pupuk organik cair*. Yogyakarta: Penerbit Sains Agrikultura.

- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles, and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465.
- Putra, M., & Purnomo, P. (2022). Penerapan pupuk organik dari limbah peternakan dalam meningkatkan produktivitas tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(4), 12–19.
- Putri, I. D. (2019). Pengolahan sampah peternakan dan pertanian dengan metode pengomposan. *Jurusan Teknik Lingkungan*, 2(3), 4.
- Rahman, M., dkk. (2020). Peran mikroorganisme dalam pengelolaan limbah pertanian dan produksi pupuk organik. *Jurnal Ilmu Pertanian*.
- Ramadhani, T., Wanna, S. P., Arif, F. N., & Muhammad, Z. (2023). Analisis pemanfaatan limbah bubuk kopi menjadi pupuk organik di coffee shop. *Pendidikan Tambusai*, 7, 32361–65.
- Studi, Program, Teknik Pengolahan, & Politeknik Kampar. (2019). Pengolahan limbah batang sawit menjadi pupuk kompos dengan menggunakan dekomposer mikroorganisme lokal (MOL) bonggol pisang. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(2), 154–161. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.2.154>
- Sutanto, S., dkk. (2021). Dekomposisi biologis limbah pertanian dan perannya dalam peningkatan kesuburan tanah. *Jurnal Ilmu Tanah Indonesia*.
- Suyanto, S. (2023). Perbandingan efektivitas pupuk organik dan anorganik dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7(4), 200–207.
- Utomo, P. B., & Nurdiana, J. (2018). Evaluasi pembuatan kompos organik dengan menggunakan metode hot composting. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(01), 28–32.
- Zhang, H., Li, J., & Chen, Y. (2020). Peran spesies *Bacillus* dalam dekomposisi limbah organik dan daur ulang nutrisi. *Jurnal Internasional Ilmu Pertanian*, 45(2), 123–135.